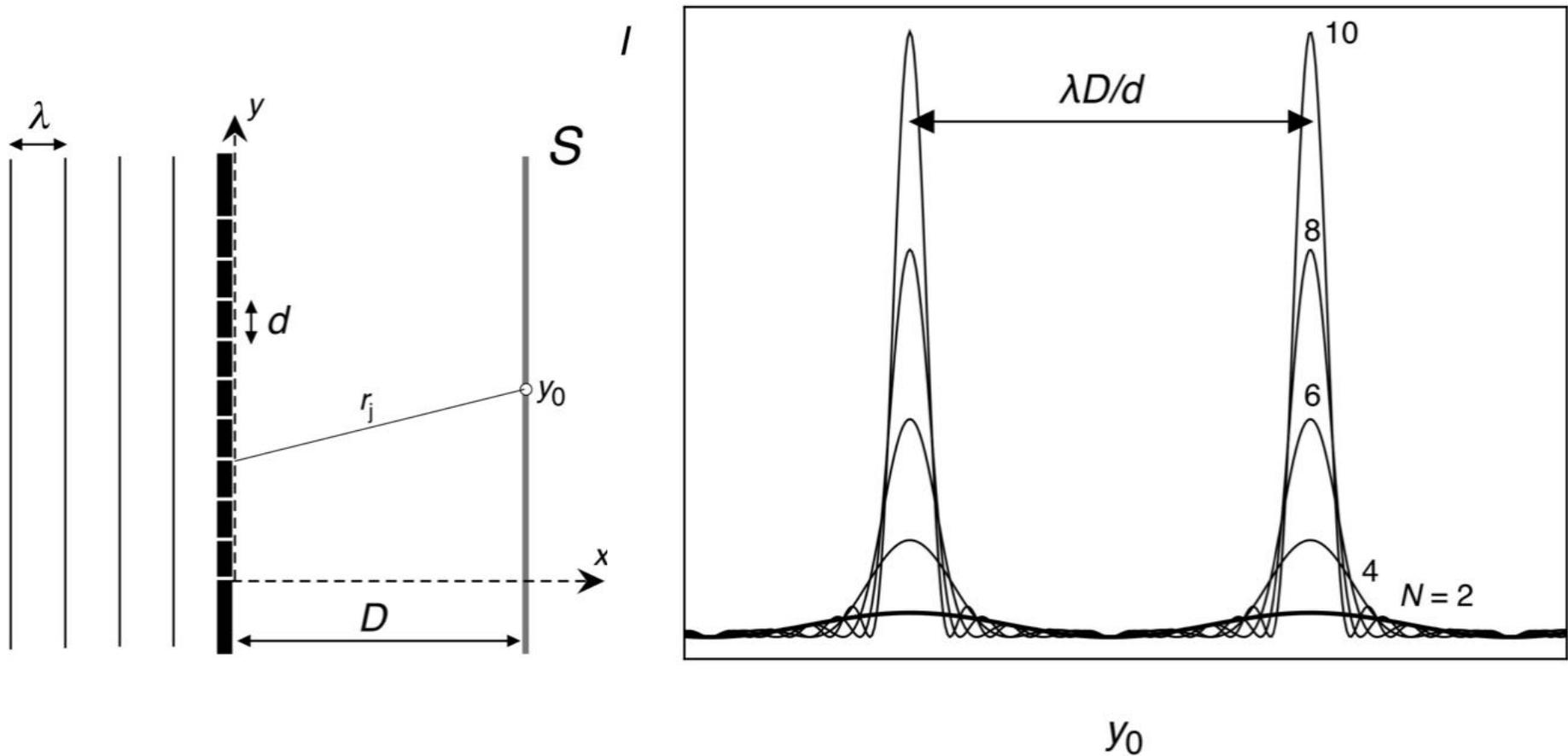


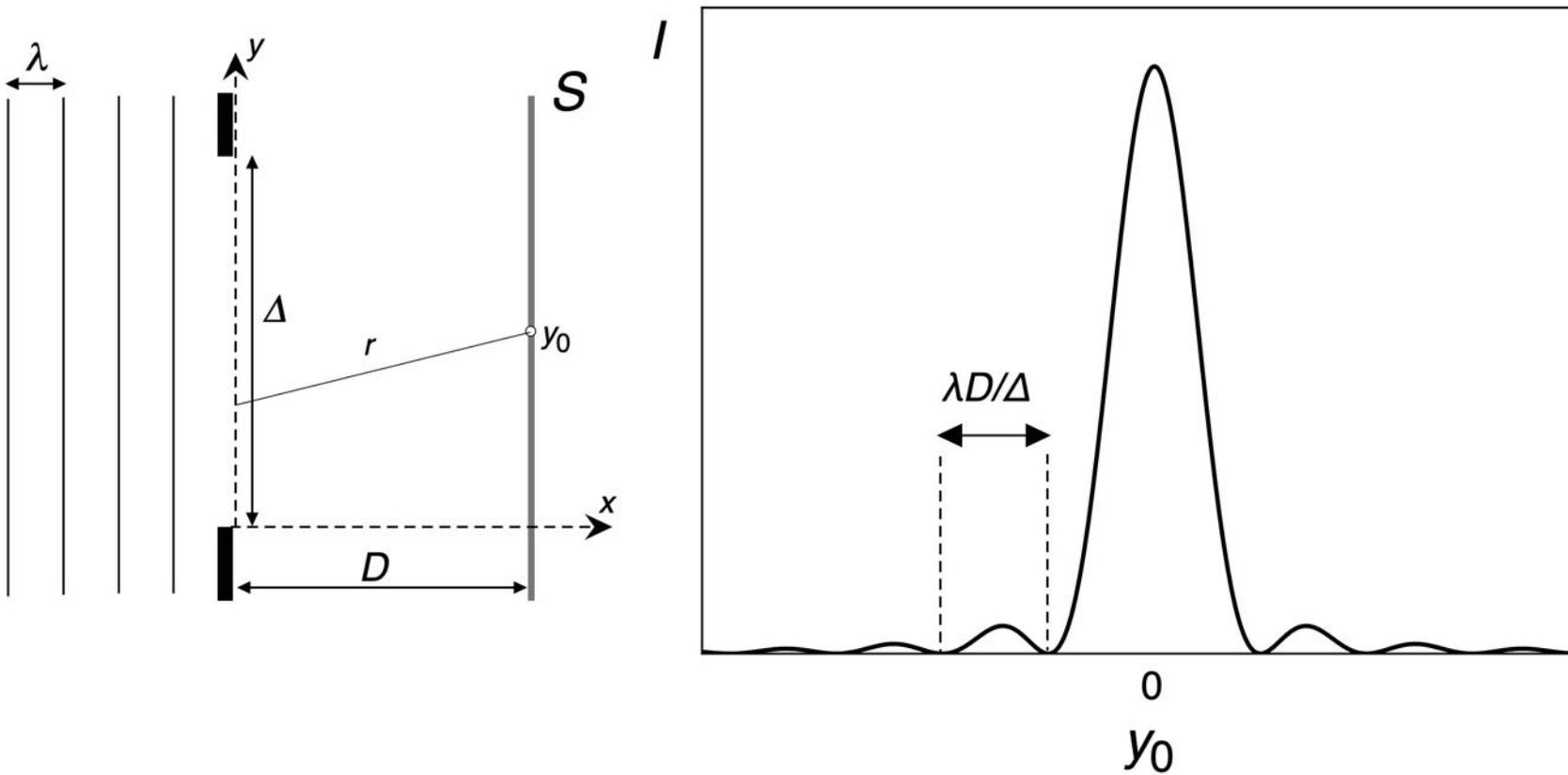
II. Beugung am Kristallgitter

Breite der Interferenzmaxima bei N dünnen Spalten: $\approx 1/N$



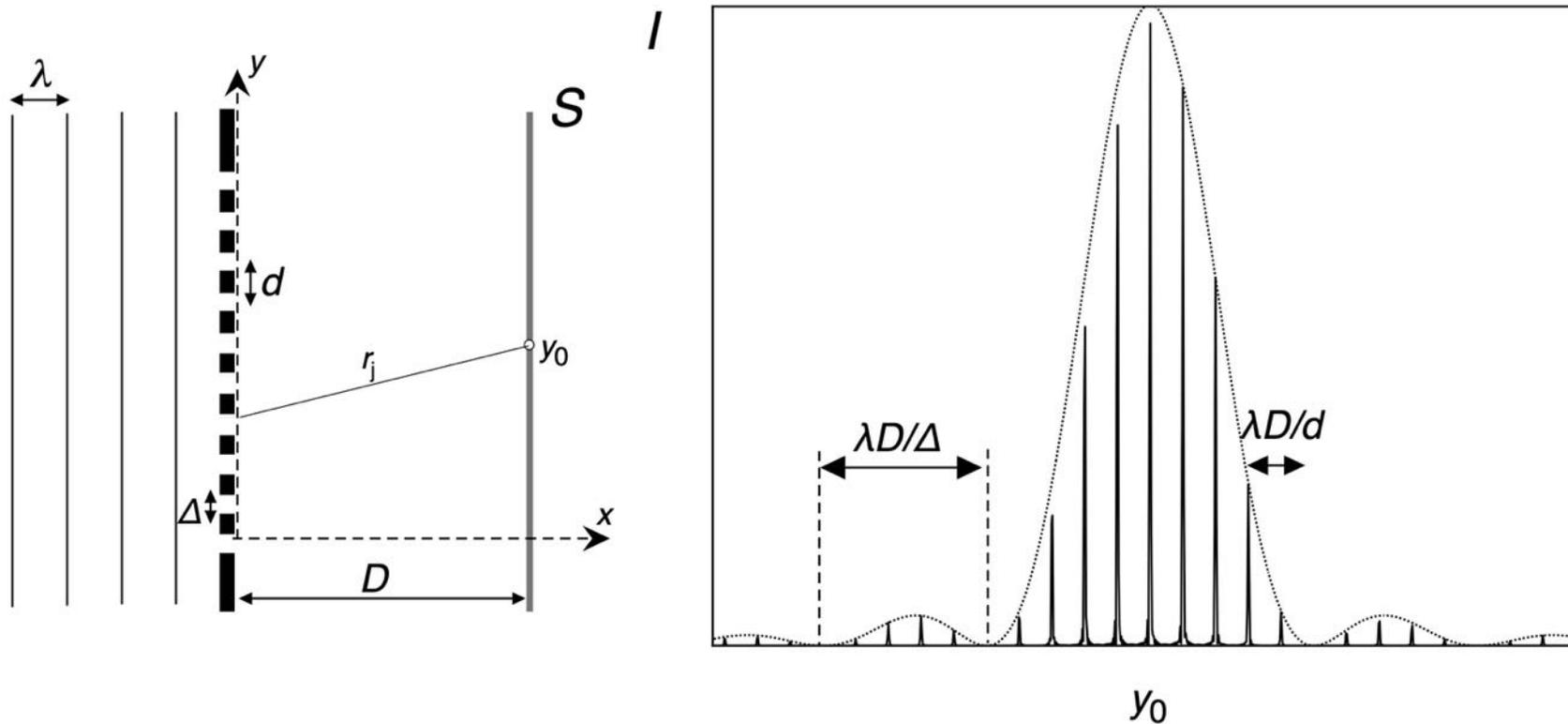
Interferenzmuster für N dünne Spalten

Einfacher breiter Spalt:



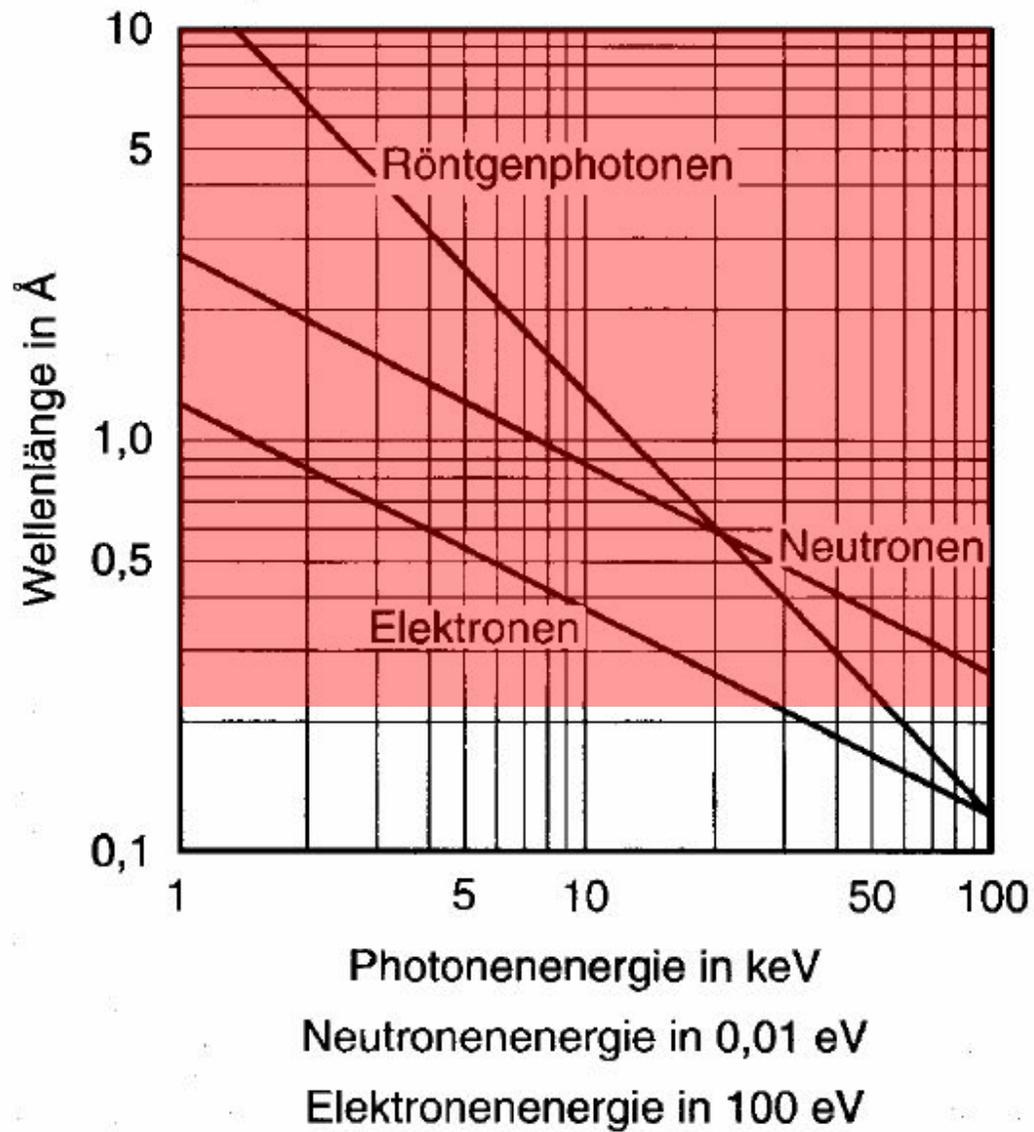
Fraunhofer-Beugungsmuster

Mehrfacher breiter Spalt:

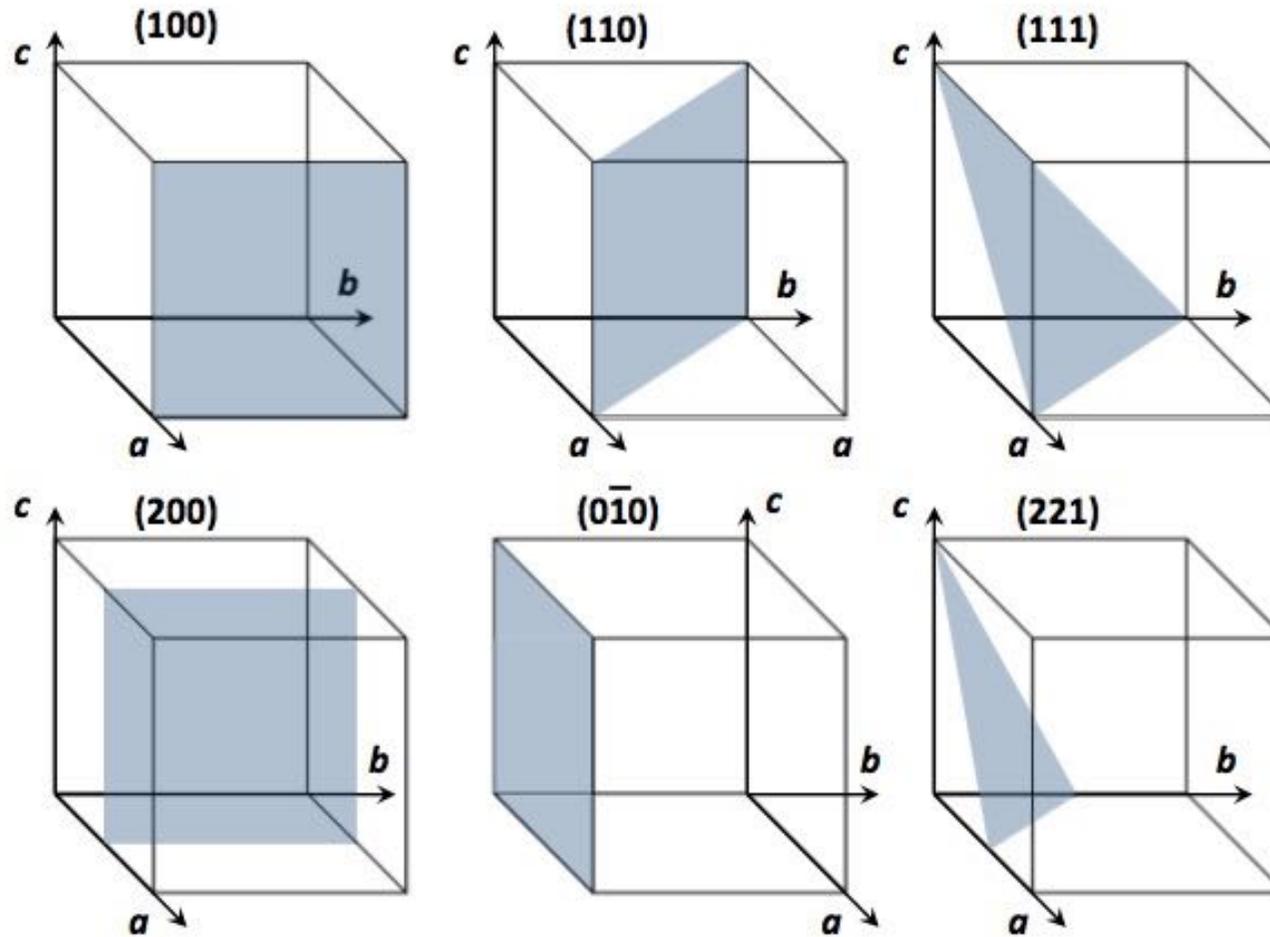


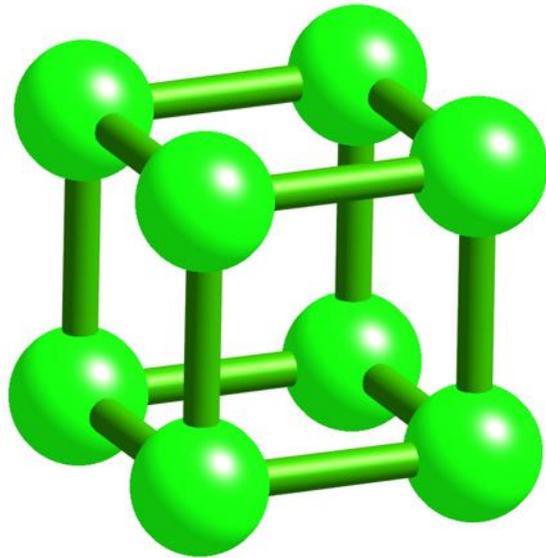
Produkt von Interferenzmuster für N dünne Spalten
und Beugungsmuster für einen breiten Spalt

Wellenlängen verschiedener Strahlungsarten

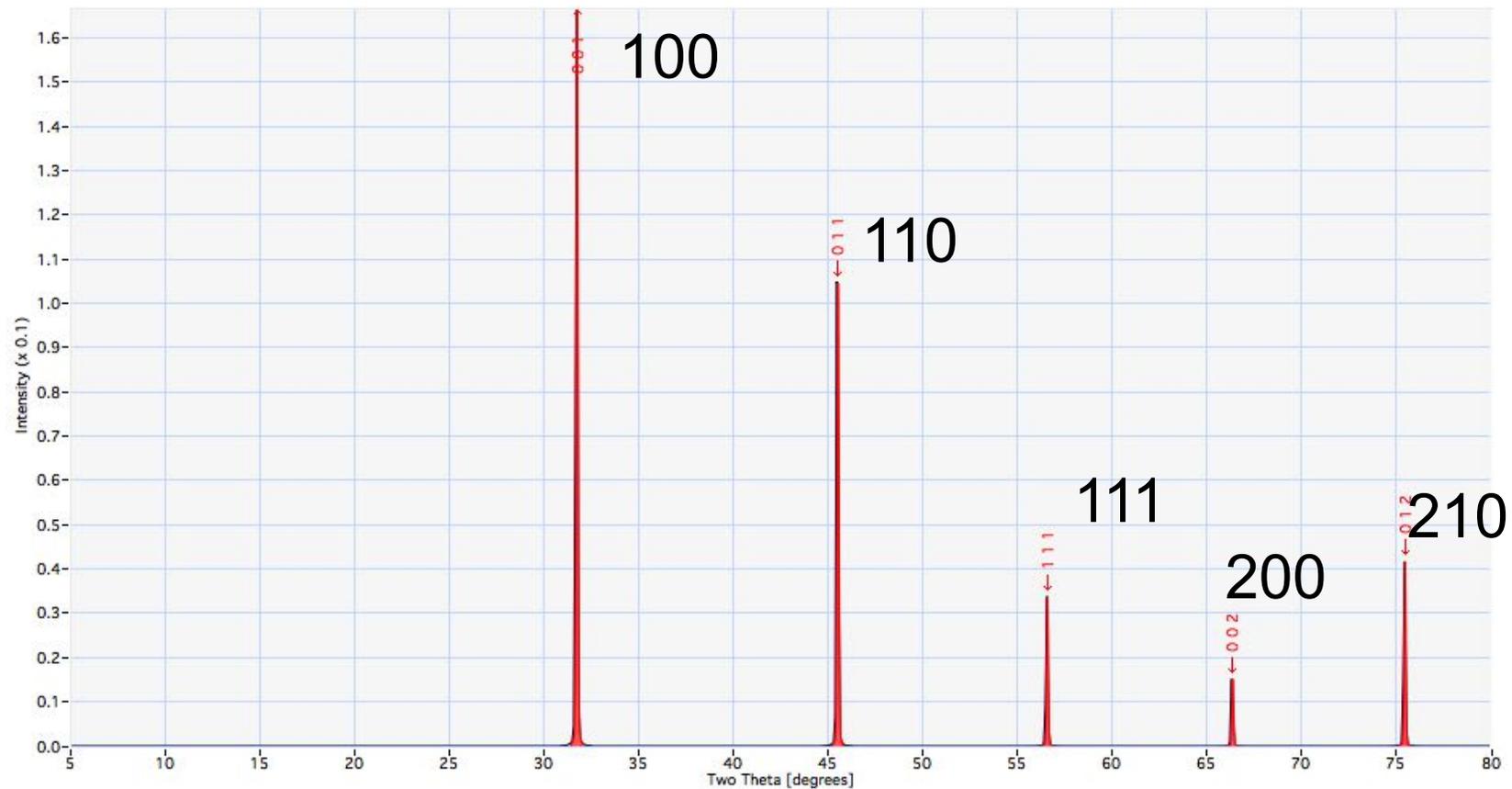


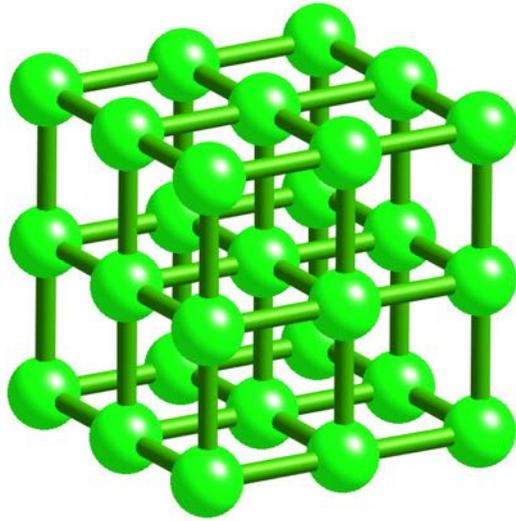
Netzebenen (hkl)





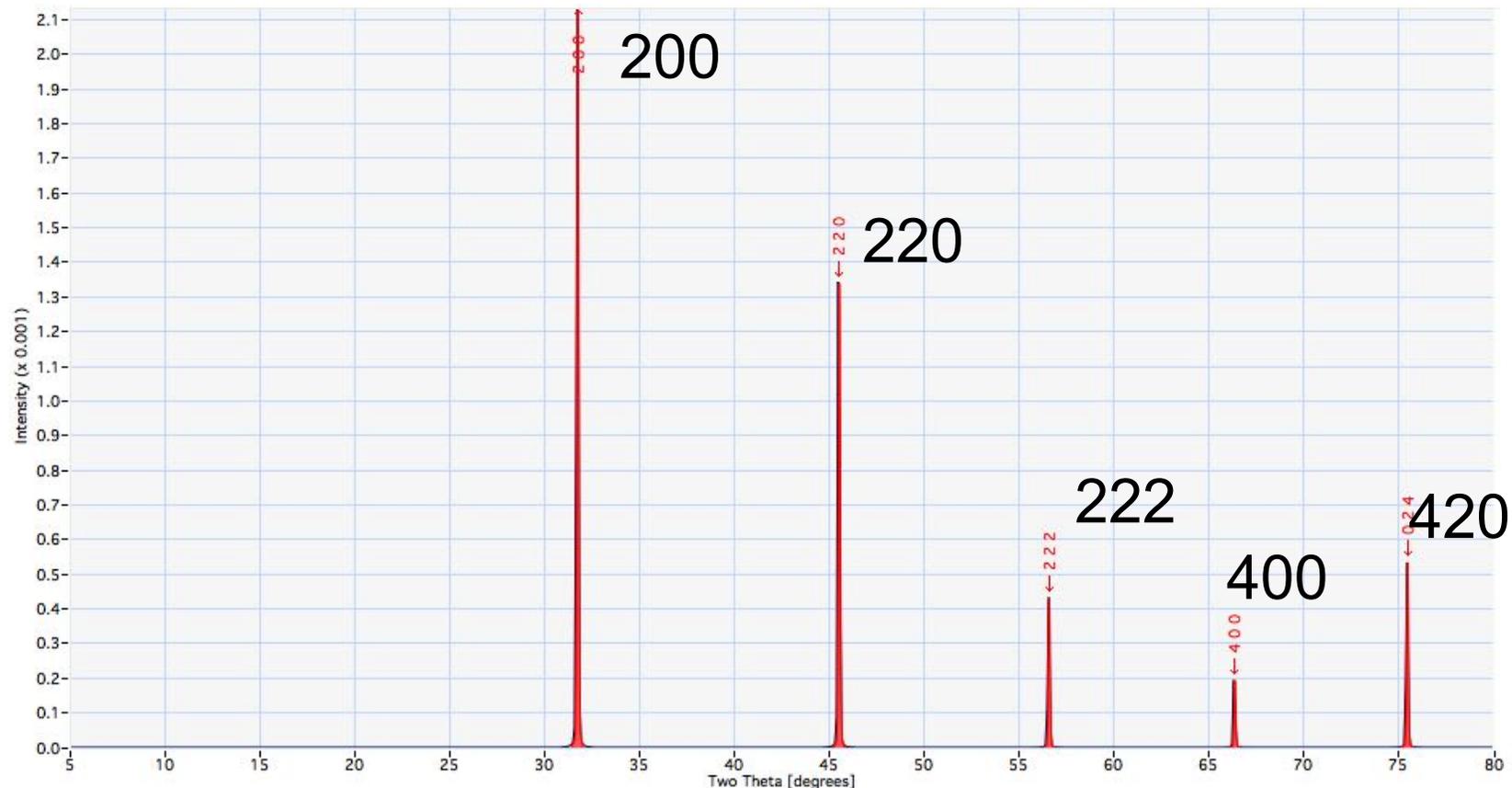
Hypothetisches einfach kubisches Cl Gitter ($a = 0.2815 \text{ nm}$)

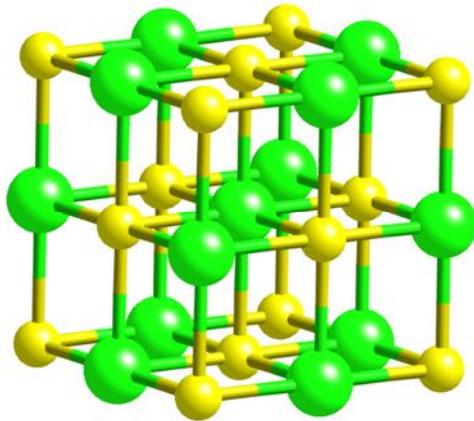




Verdopplung der Einheitszelle:
NaCl-Struktur, aber nur mit Cl
($a = 0.563 \text{ nm}$)

Miller-Indices verdoppeln sich, aber
ungerade Indices werden durch den
Strukturfaktor unterdrückt
= Identisches Intensitätsmuster

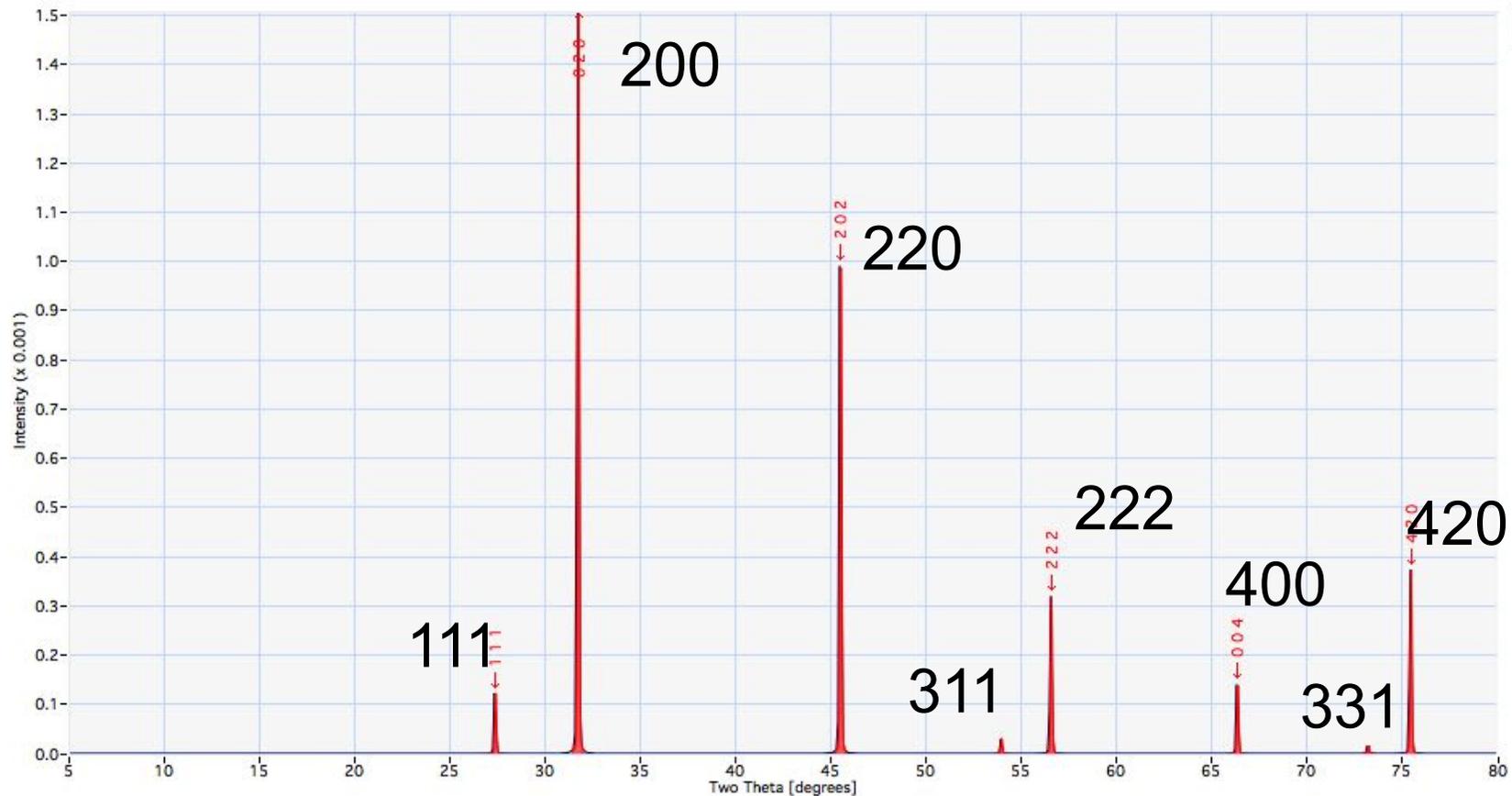




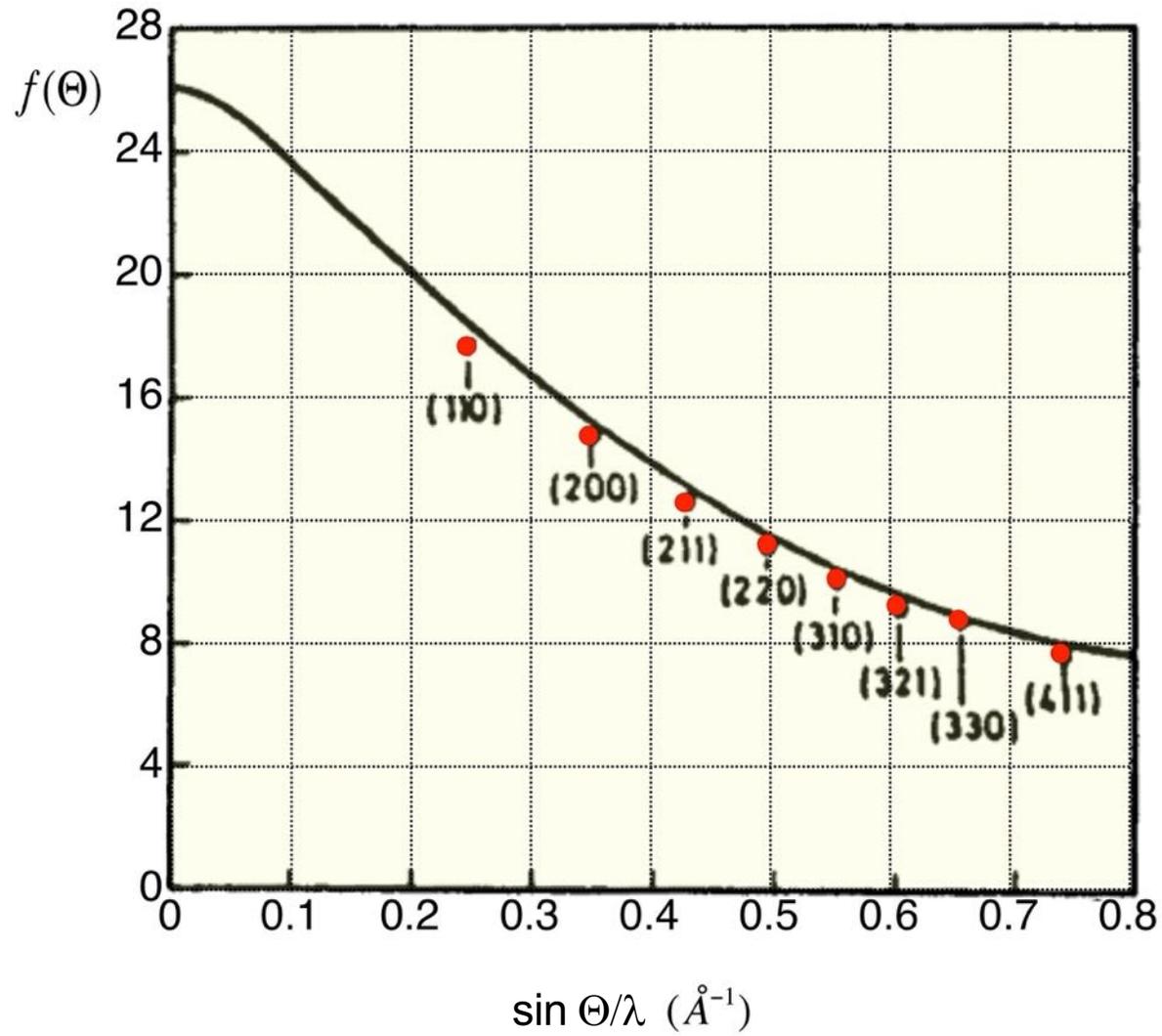
Echte NaCl-Struktur

($a = 0.563 \text{ nm}$)

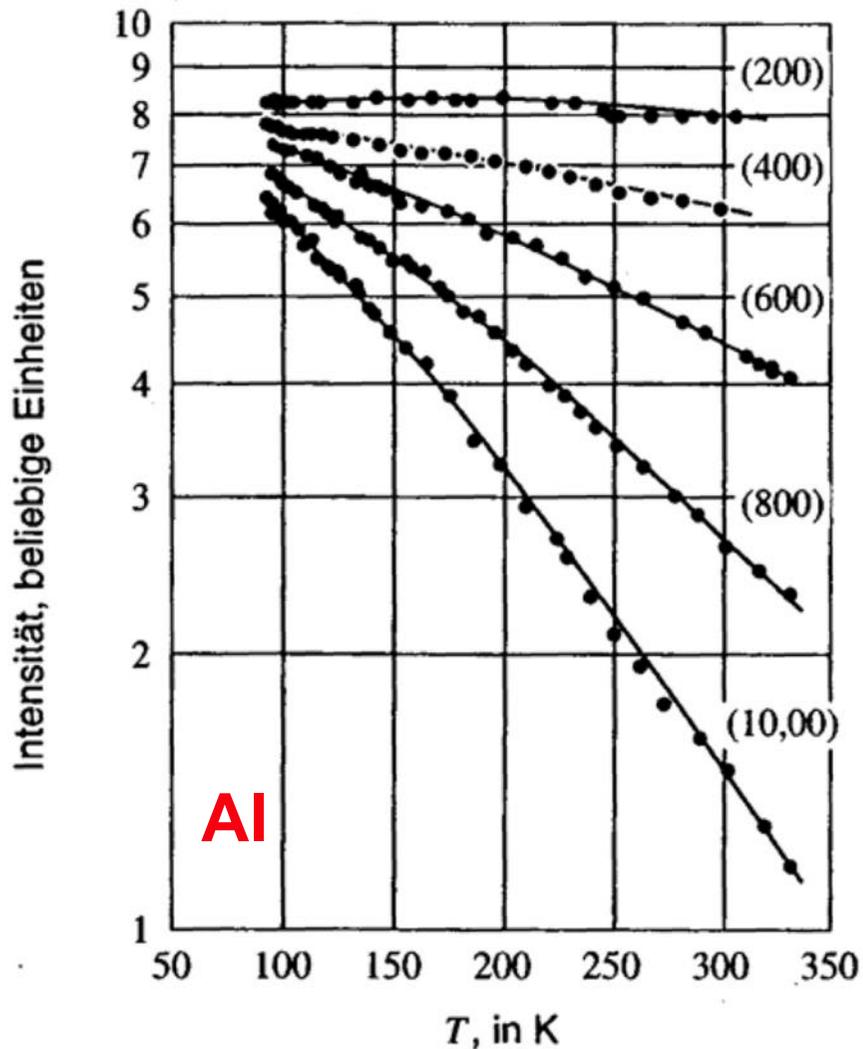
Die verschiedenen Atomformfaktoren (atomare Streufaktoren f) von Na und Cl heben die Unterdrückung einiger Reflexe auf



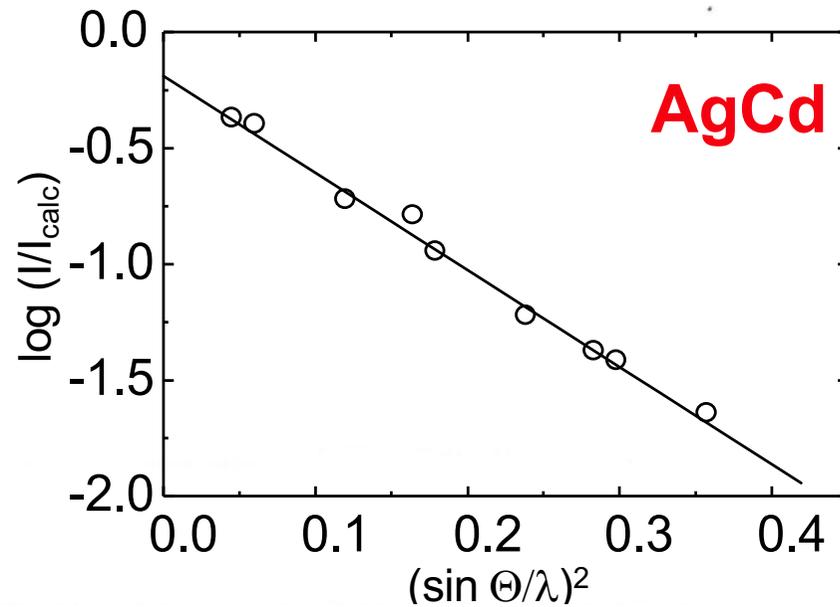
Atomarer Streufaktor von Fe



Debye-Waller Temperaturfaktor

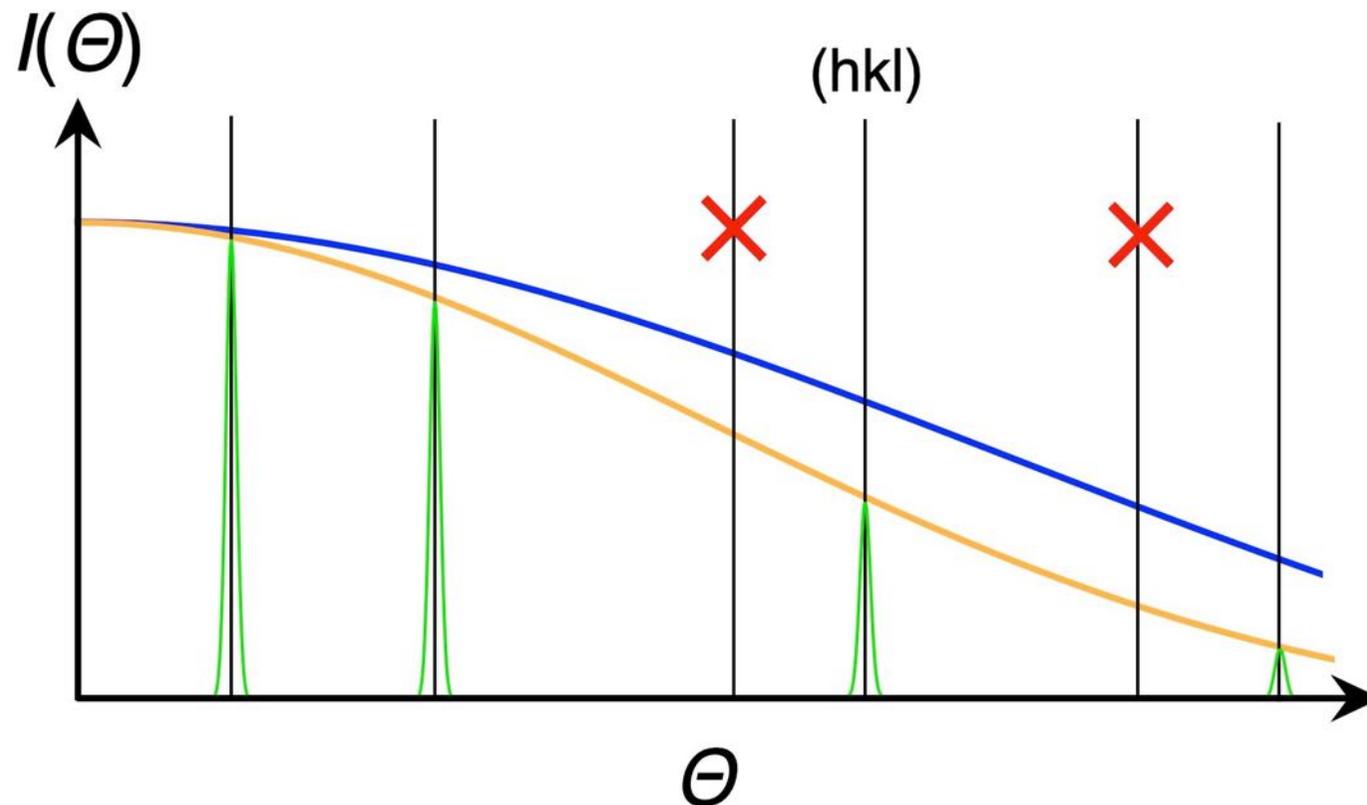


Temperaturabhängigkeit der Intensität der $(h00)$ -Röntgenreflexe von Aluminium. Die $(h00)$ -Reflexe mit ungeradem h sind für eine fcc-Struktur verboten.

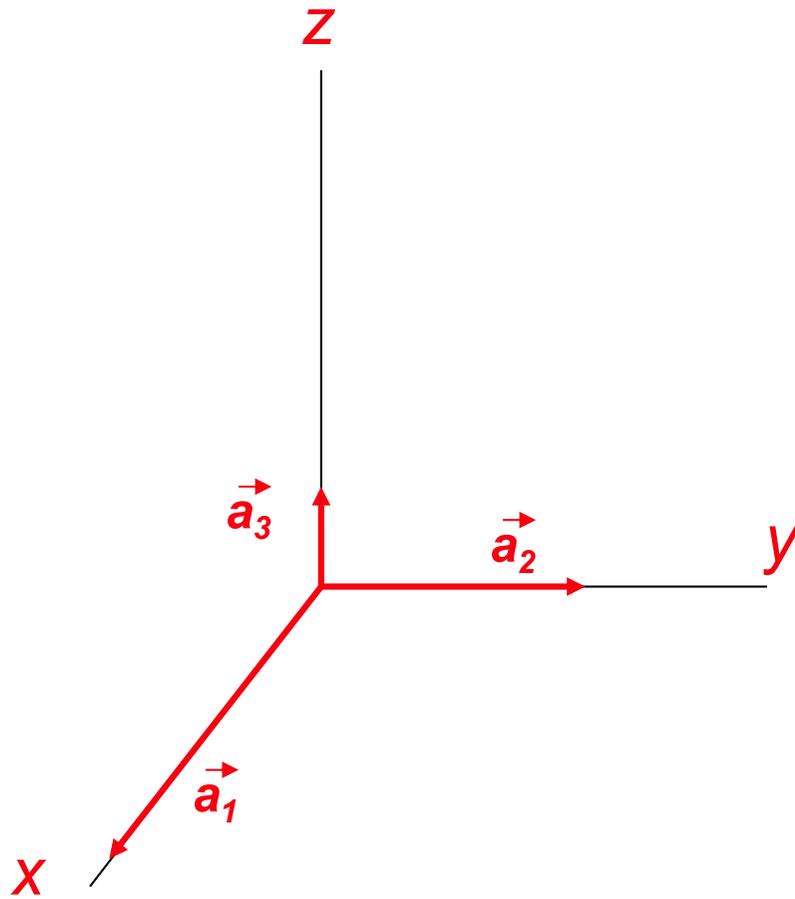


- Peak Position: Laue Gleichungen
- ✗ Auslöschung: Strukturfaktor
- Intensitätsverteilung (1): Atom-Formfaktoren
- Intensitätsverteilung (2): Debye-Waller Faktor

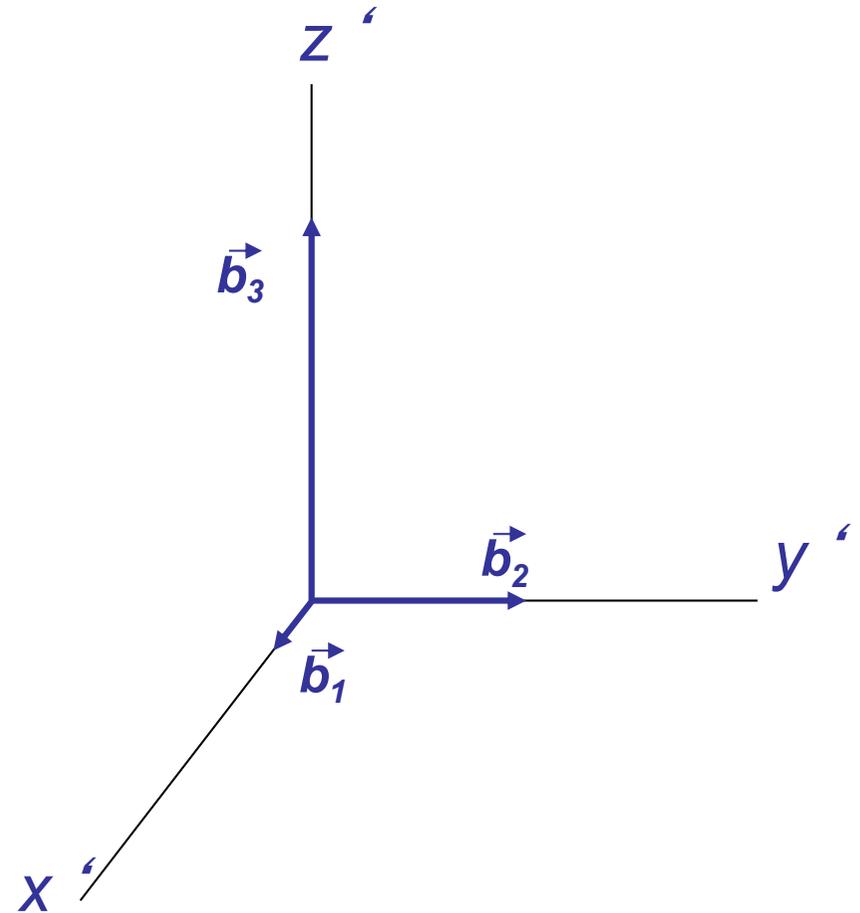
Breite der Peaks: Kristallinität, endliche Kristallgröße, Strahldivergenz, Wellenlängenverteilung,



orthorhombische Zelle:

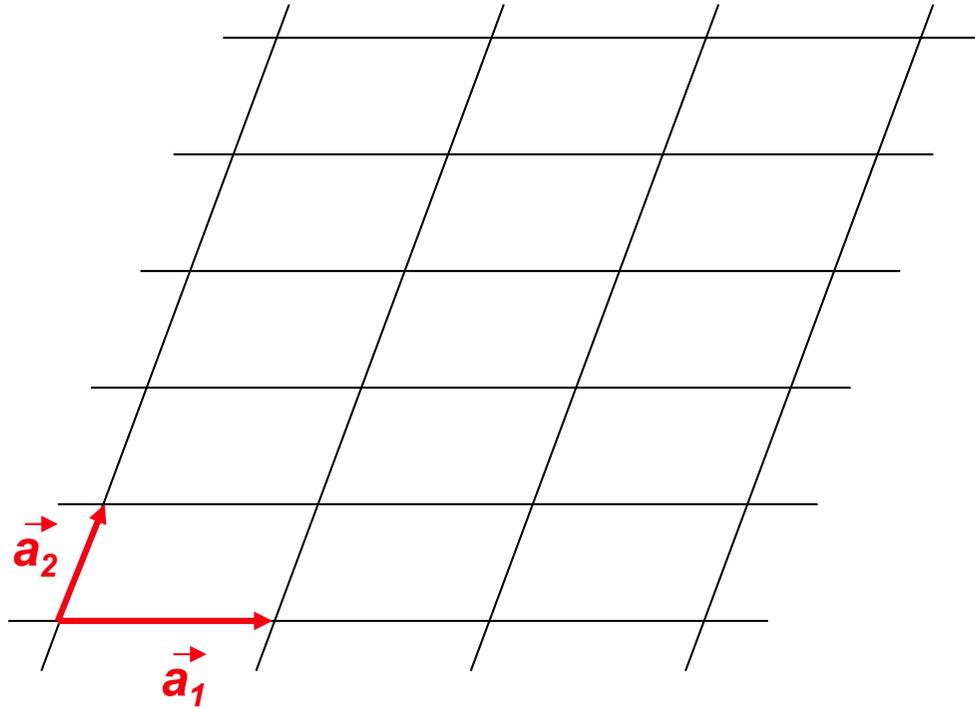


direktes Gitter



reziprokes Gitter

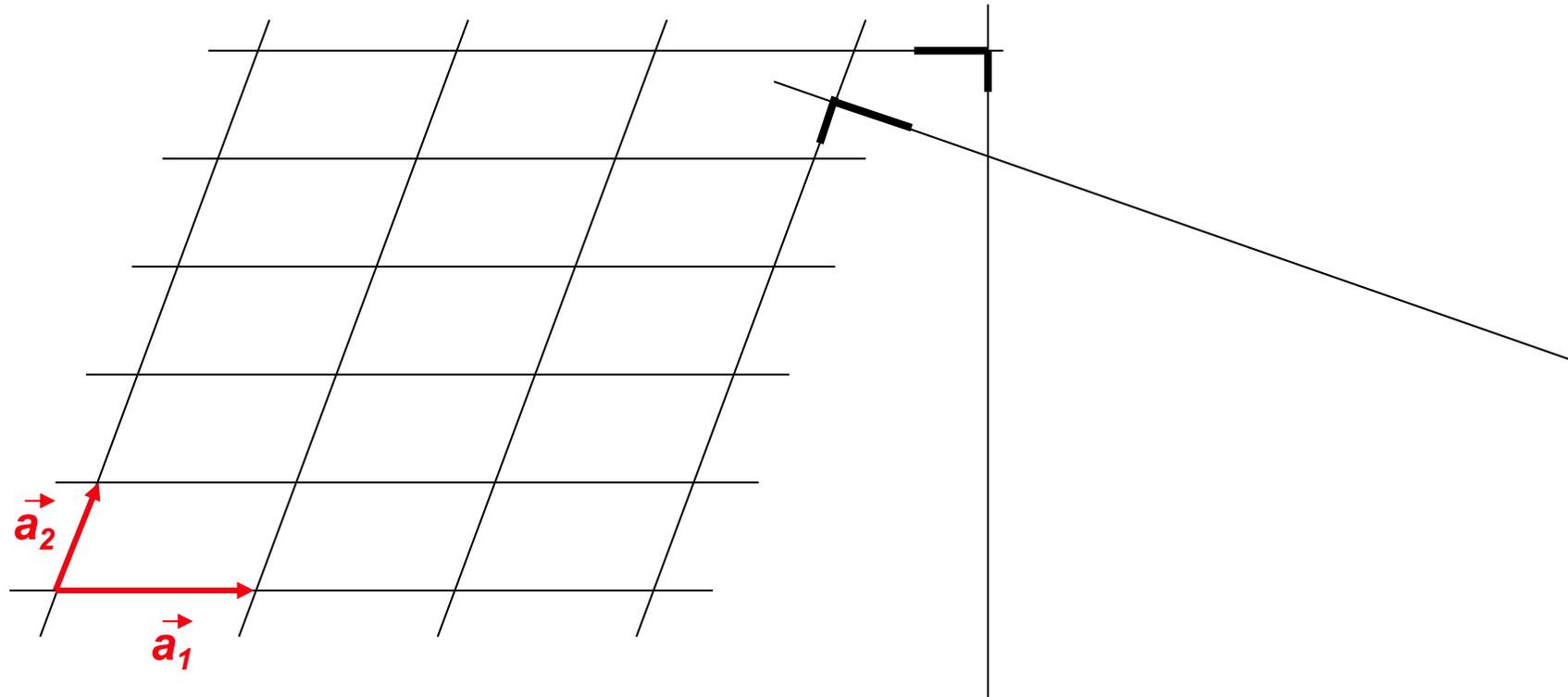
Monoklin mit $a_3 \rightarrow \infty$:



direktes Gitter

reziprokes Gitter

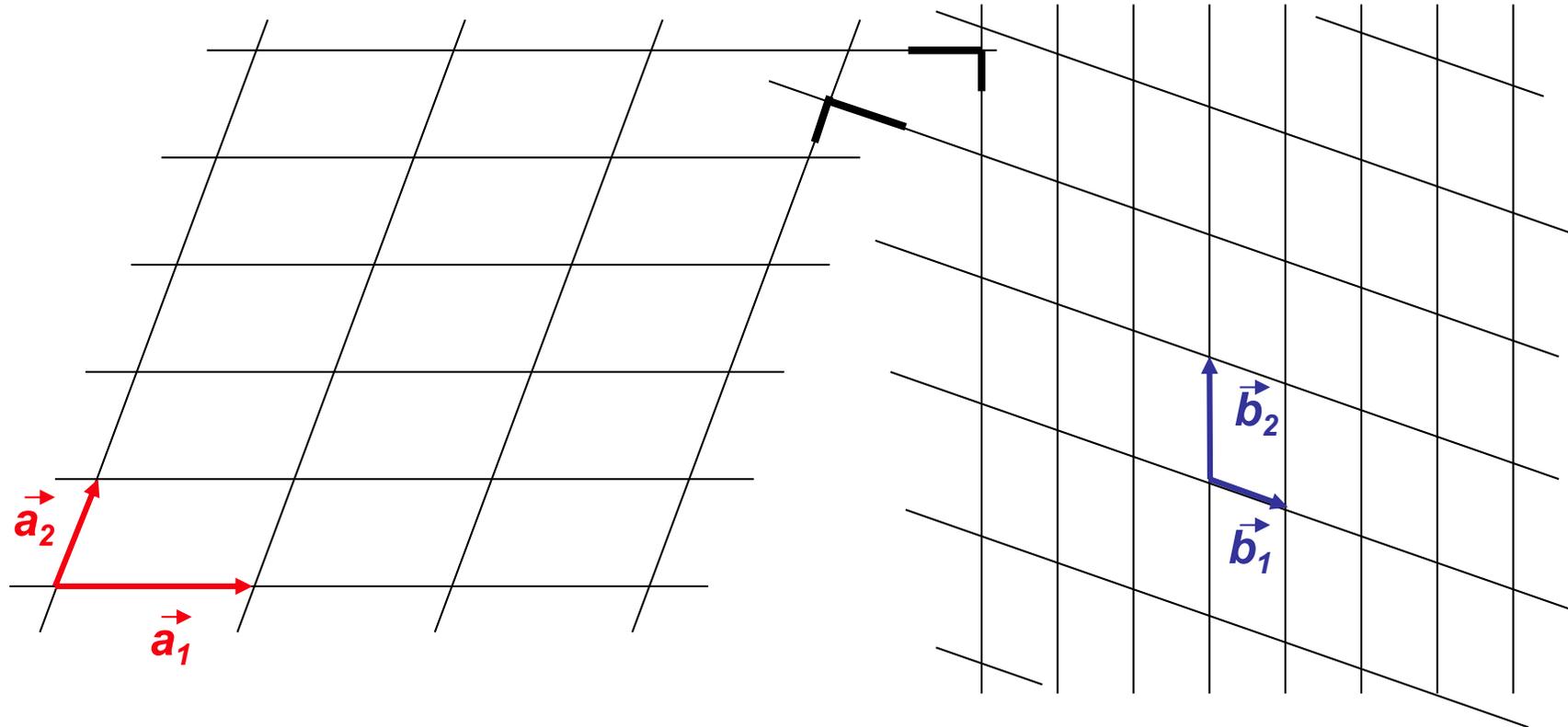
Monoklin mit $a_3 \rightarrow \infty$:



direktes Gitter

reziprokes Gitter

Monoklin mit $a_3 \rightarrow \infty$:



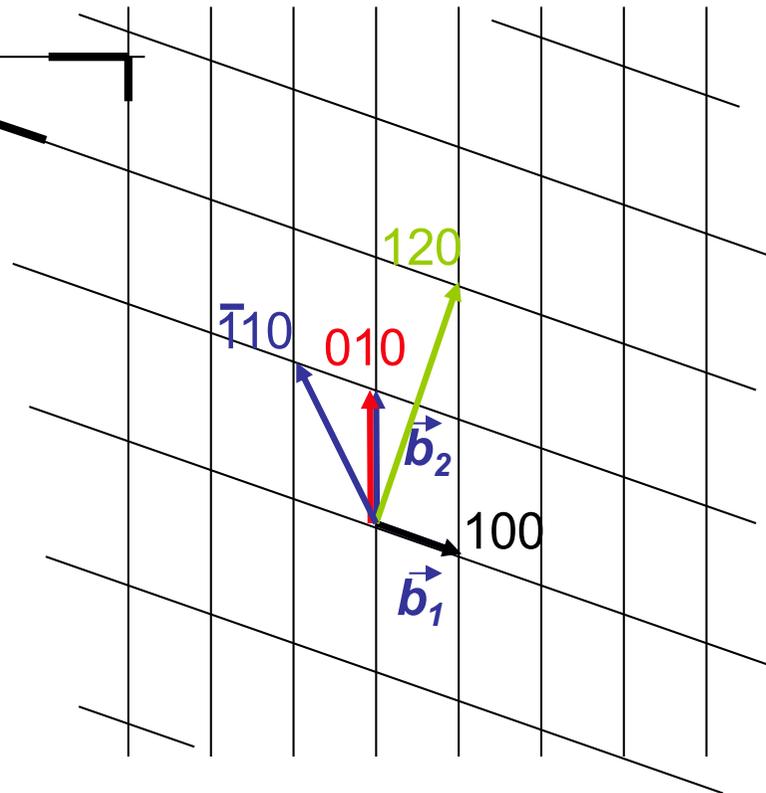
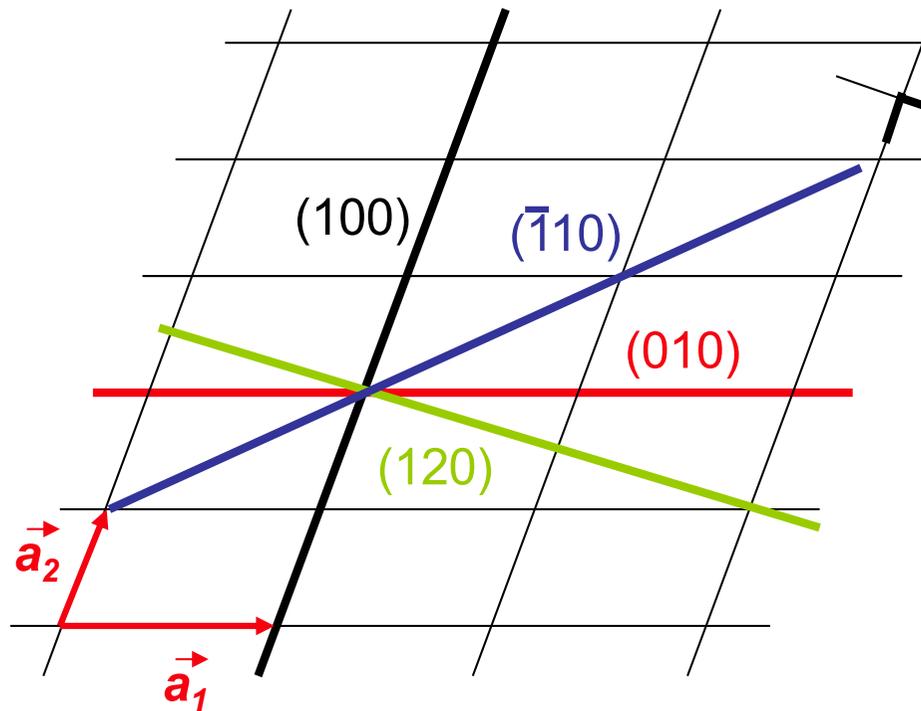
direktes Gitter

reziprokes Gitter

Monoklin mit $a_3 \rightarrow \infty$:

Netzebenen (h k l)

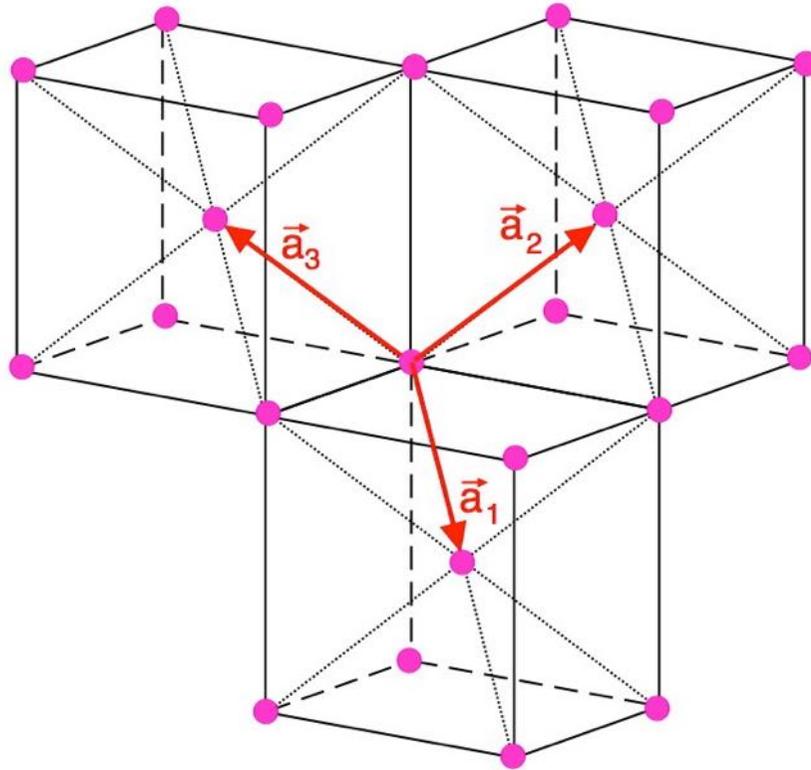
Reziproke Gittervektoren \vec{G}_{hkl}



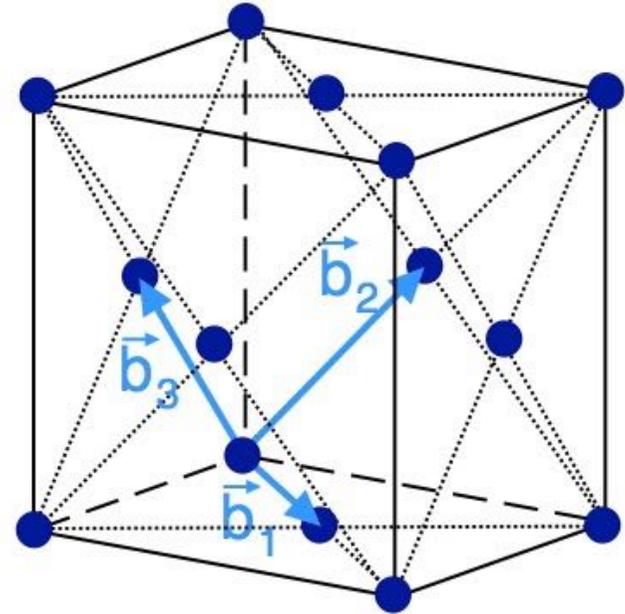
direktes Gitter

reziprokes Gitter

Reziproke Gittervektoren \vec{G}_{hkl} stehen senkrecht auf den Netzebenen des Kristallgitters (h k l)

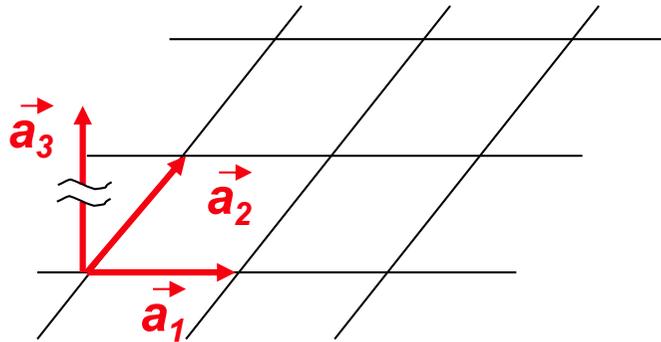


direktes Gitter
bcc

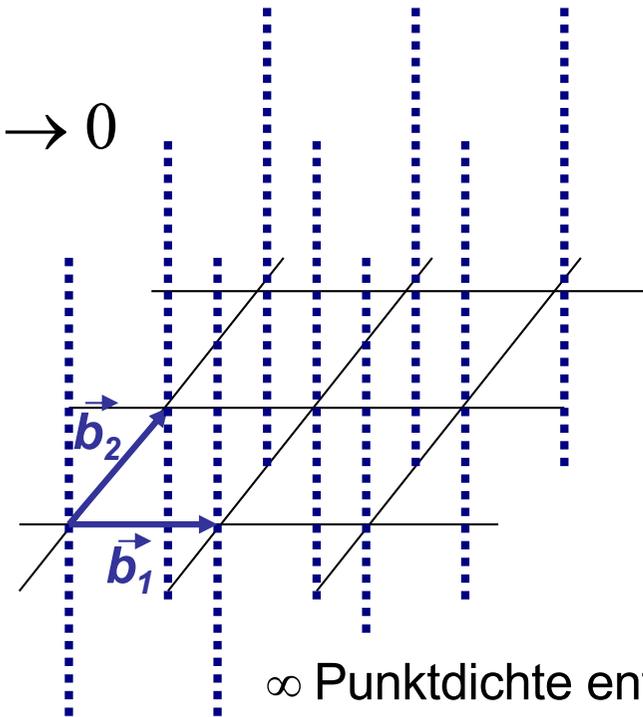


reziprokes Gitter
fcc

2D Gitter: $a_3 \rightarrow \infty$

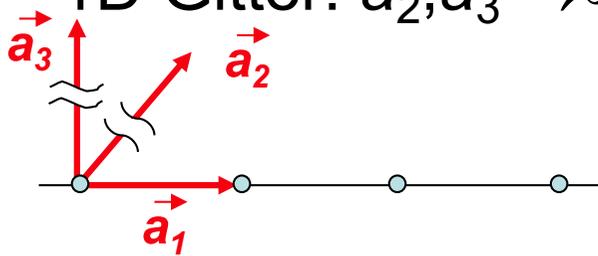


$b_3 \rightarrow 0$

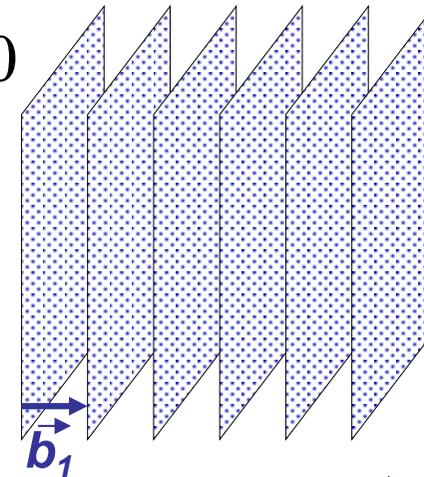


∞ Punktdichte entlang \vec{b}_3

1D Gitter: $a_2, a_3 \rightarrow \infty$



$b_2, b_3 \rightarrow 0$

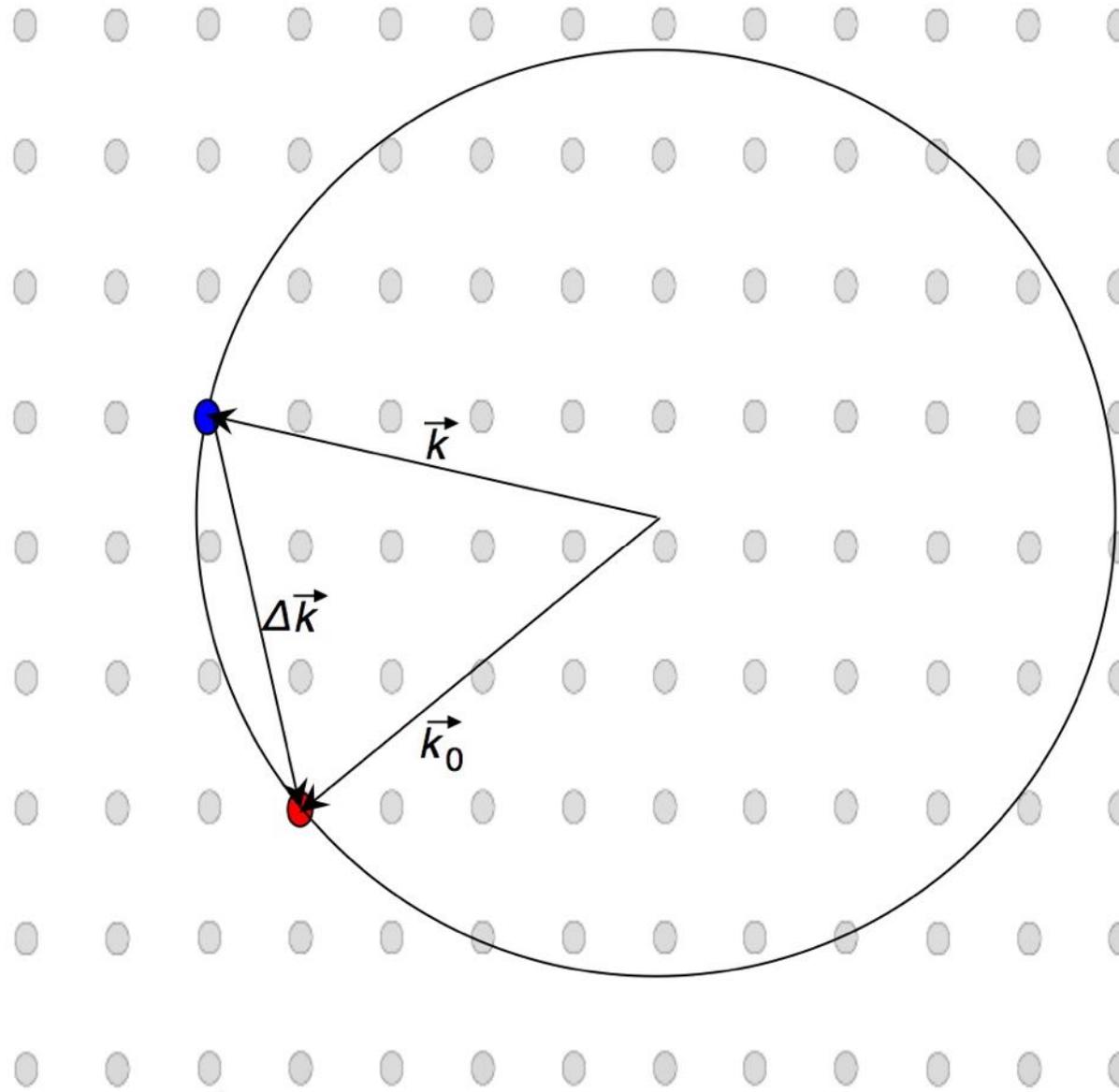


∞ Punktdichte entlang \vec{b}_2 und \vec{b}_3

direktes Gitter

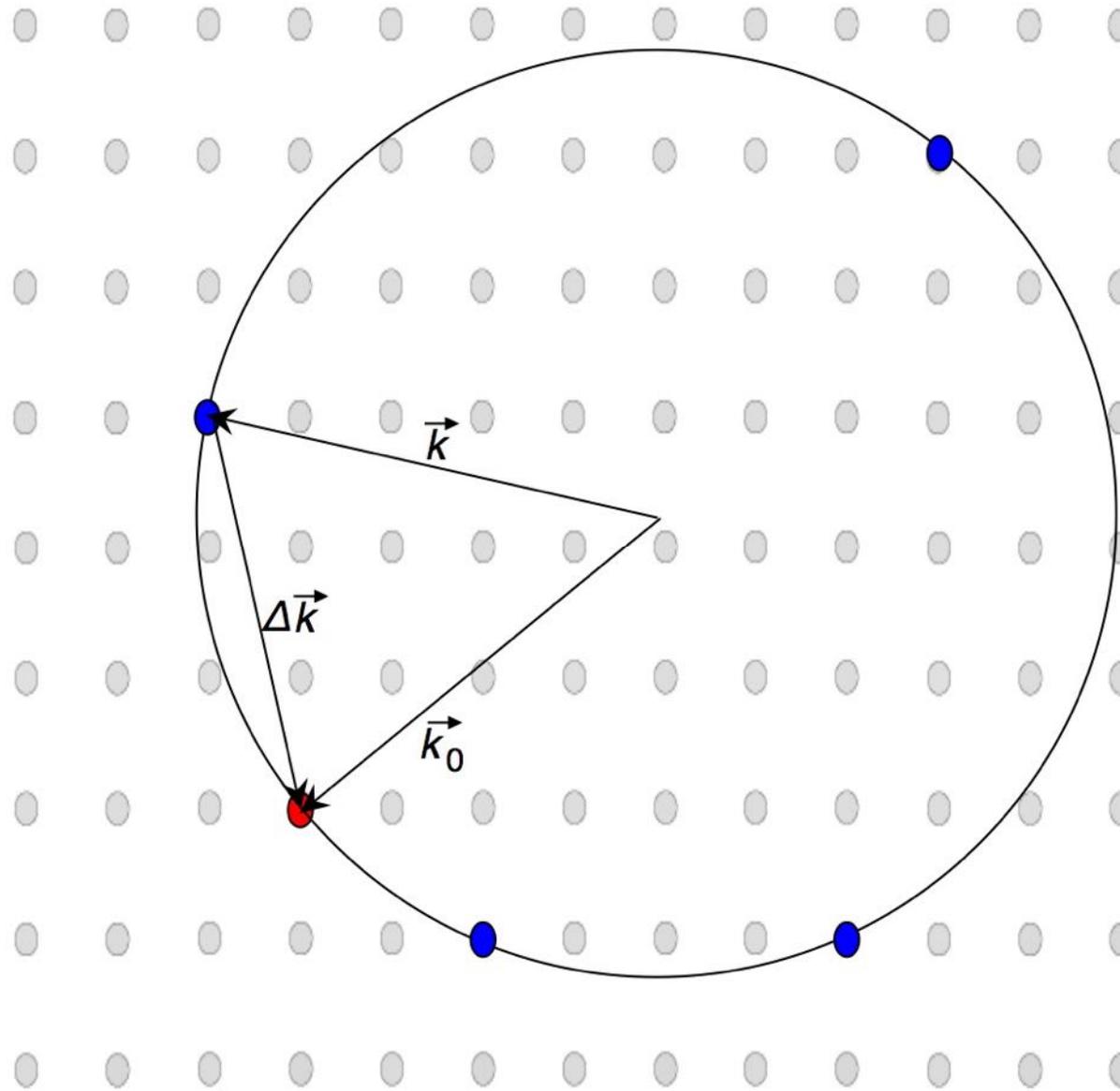
reziprokes Gitter

Ewald'sche Kugelkonstruktion



reziprokes Gitter

Ewald'sche Kugelkonstruktion



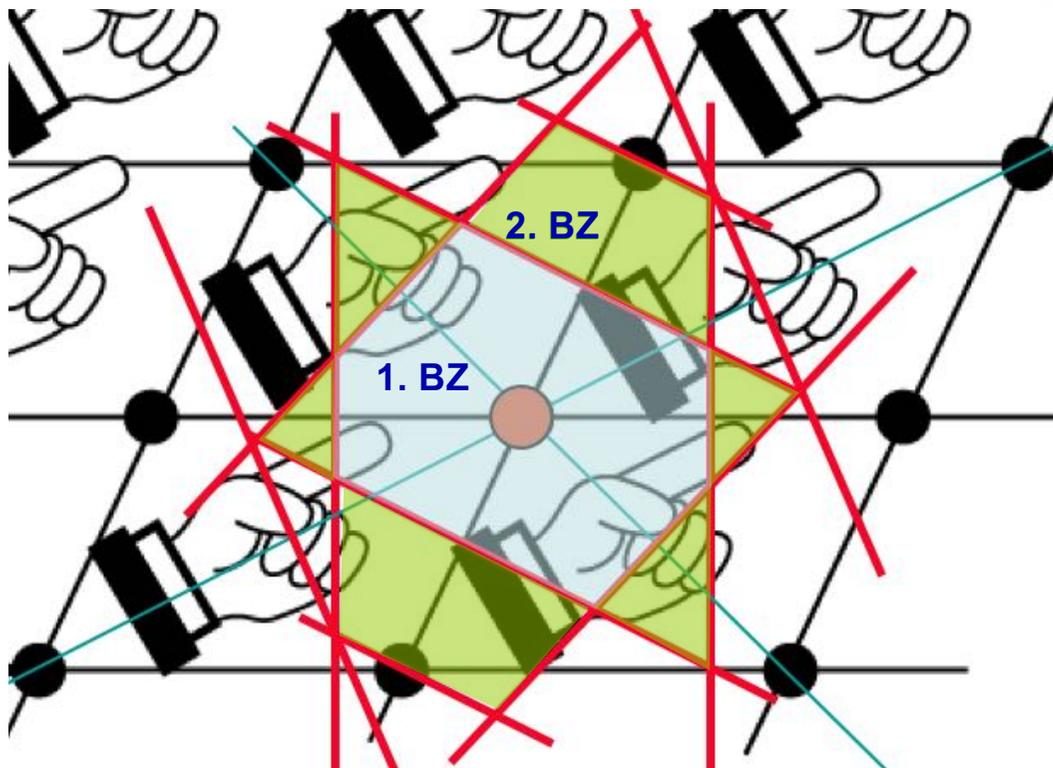
reziprokes Gitter

„Erste Brillouin Zone“:

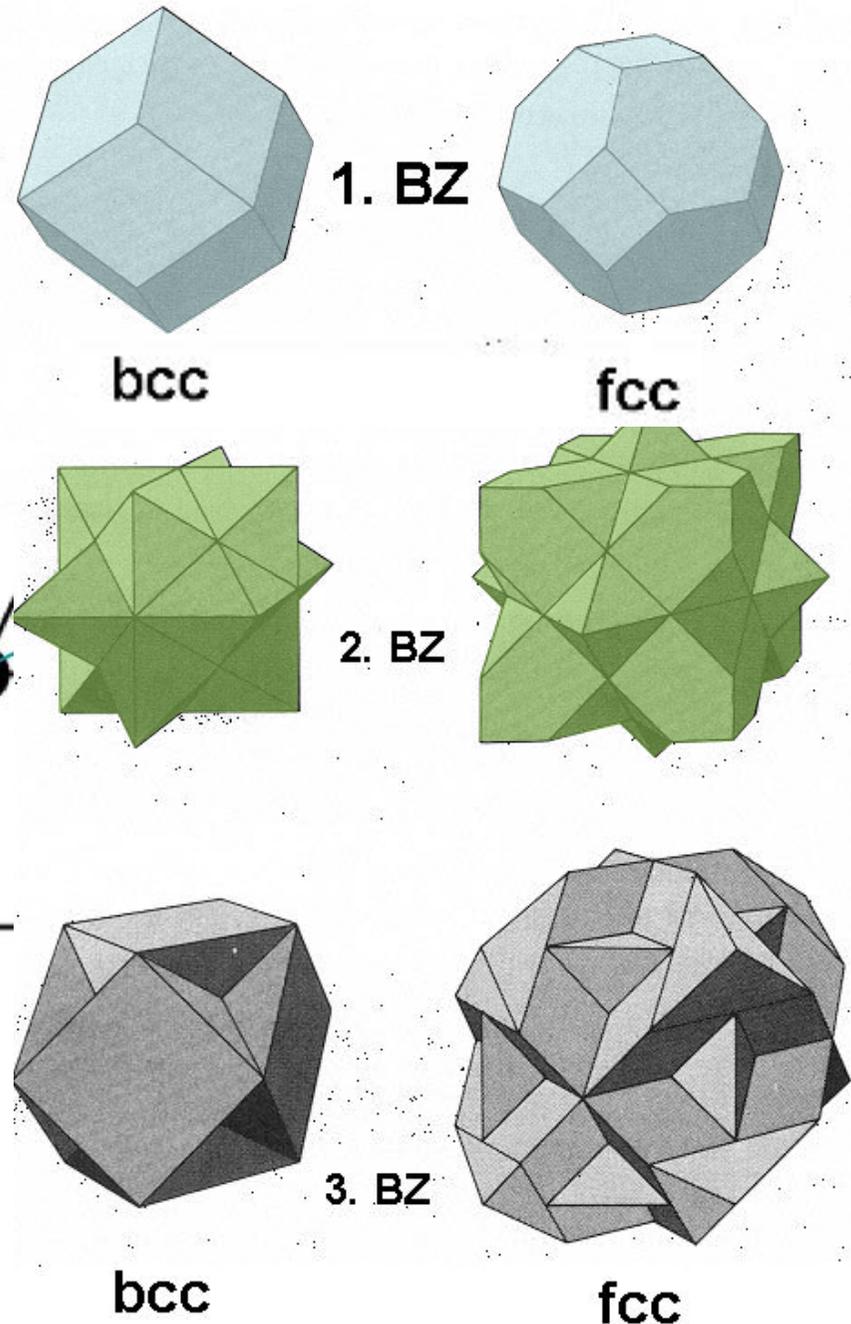
Wigner-Seitz-Zelle des reziproken Gitters
(„innerstes“ ganz von Mittelsenkrechten
umschlossenes Raumgebiet)

2., 3.,.... Brillouin Zonen:

liegen weiter aussen



Brillouin-Zonen

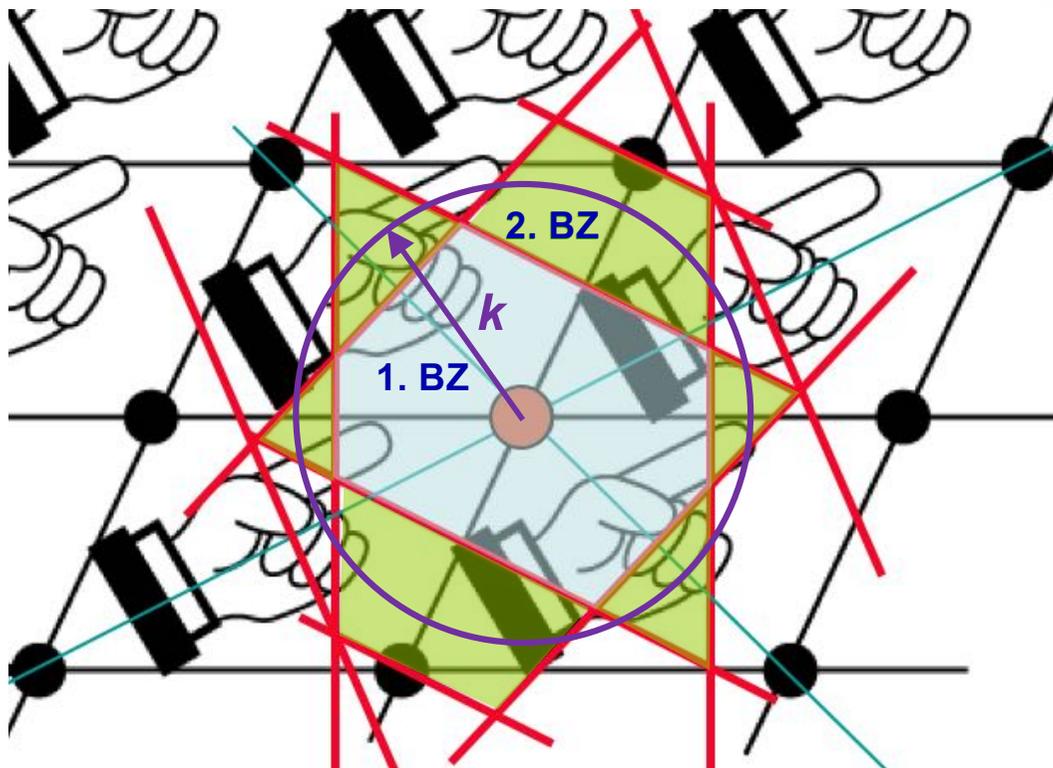


„Erste Brillouin Zone“:

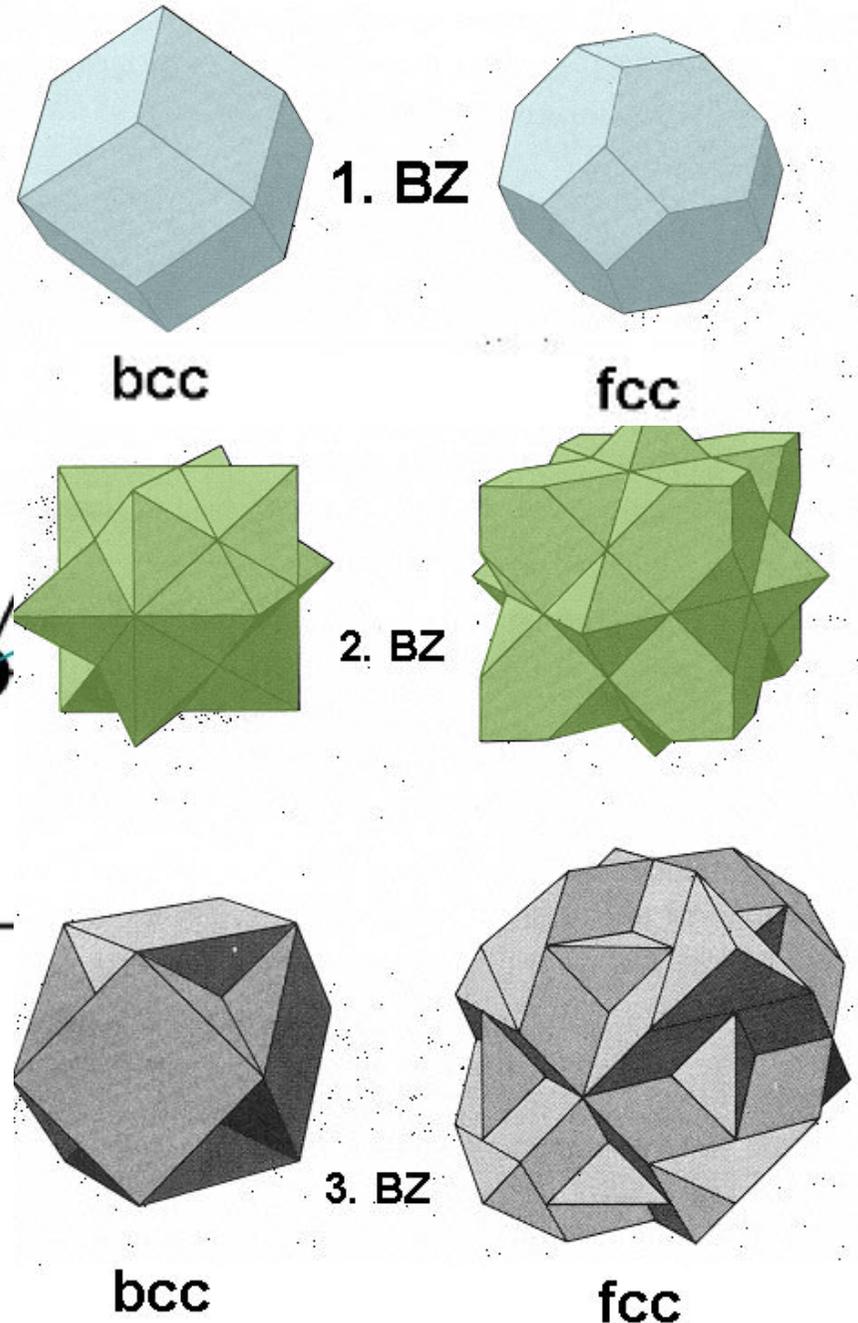
Wigner-Seitz-Zelle des reziproken Gitters
(„innerstes“ ganz von Mittelsenkrechten
umschlossenes Raumgebiet)

2., 3.,.... Brillouin Zonen:

liegen weiter aussen



Brillouin-Zonen

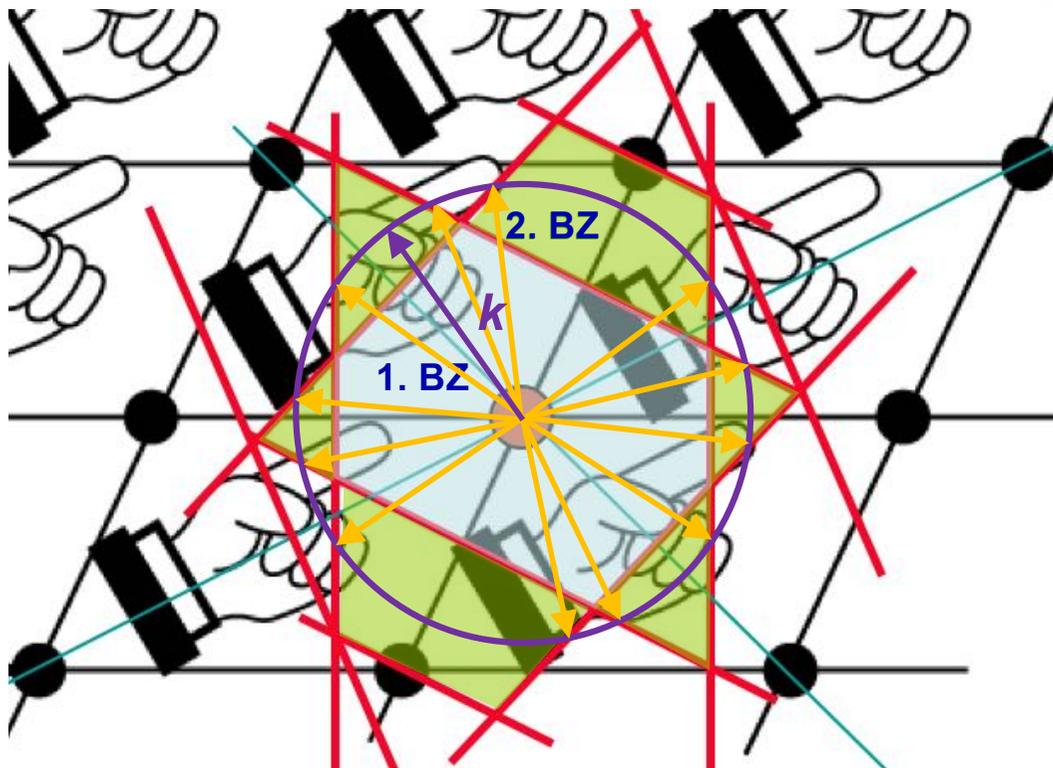


„Erste Brillouin Zone“:

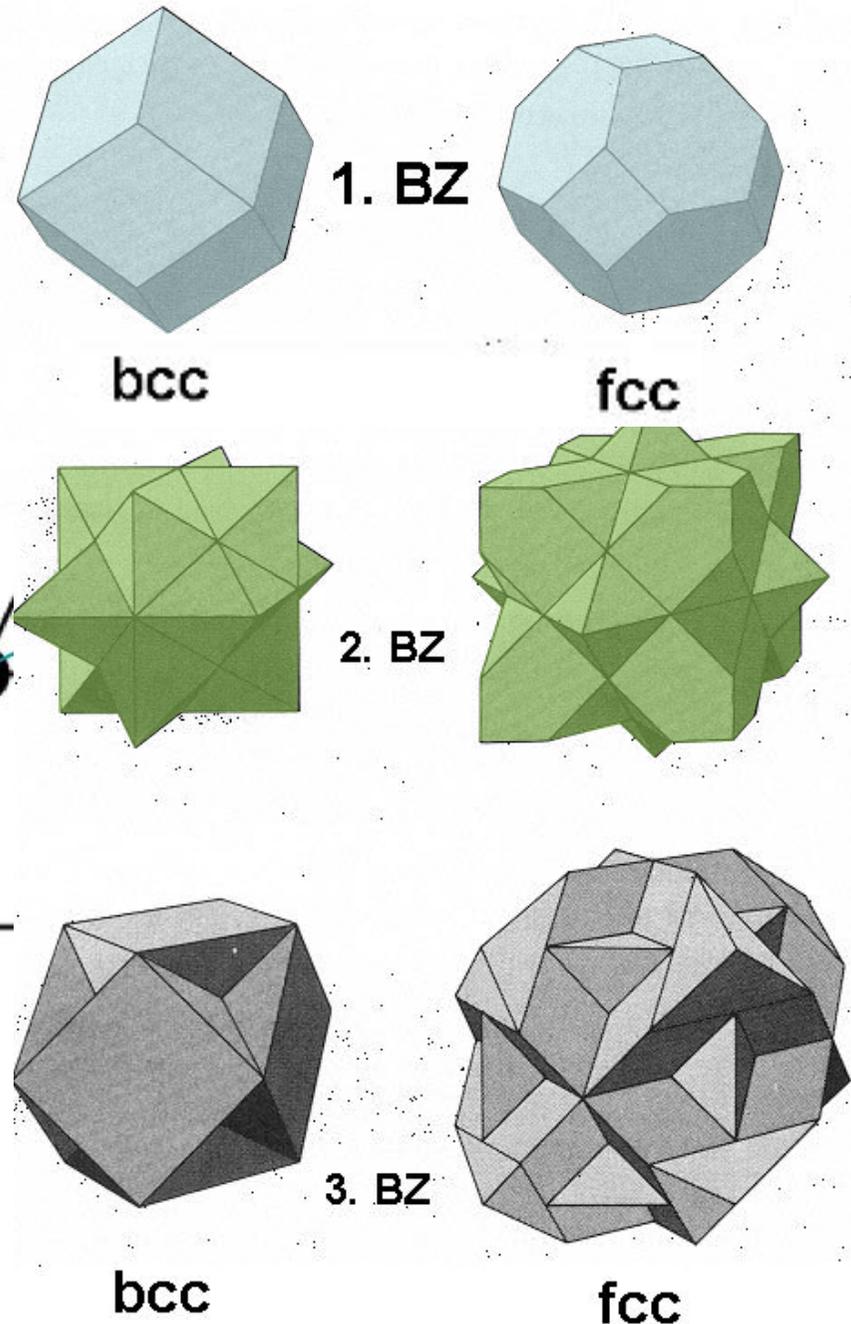
Wigner-Seitz-Zelle des reziproken Gitters
(„innerstes“ ganz von Mittelsenkrechten
umschlossenes Raumgebiet)

2., 3.,.... Brillouin Zonen:

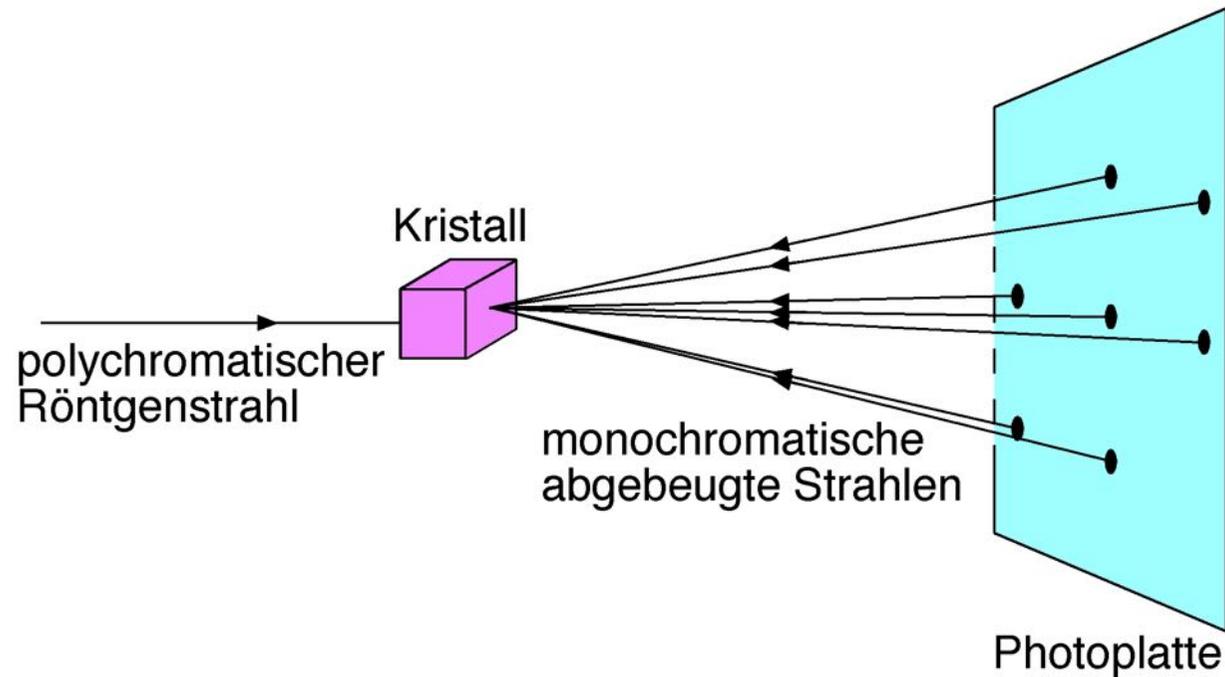
liegen weiter aussen



Brillouin-Zonen

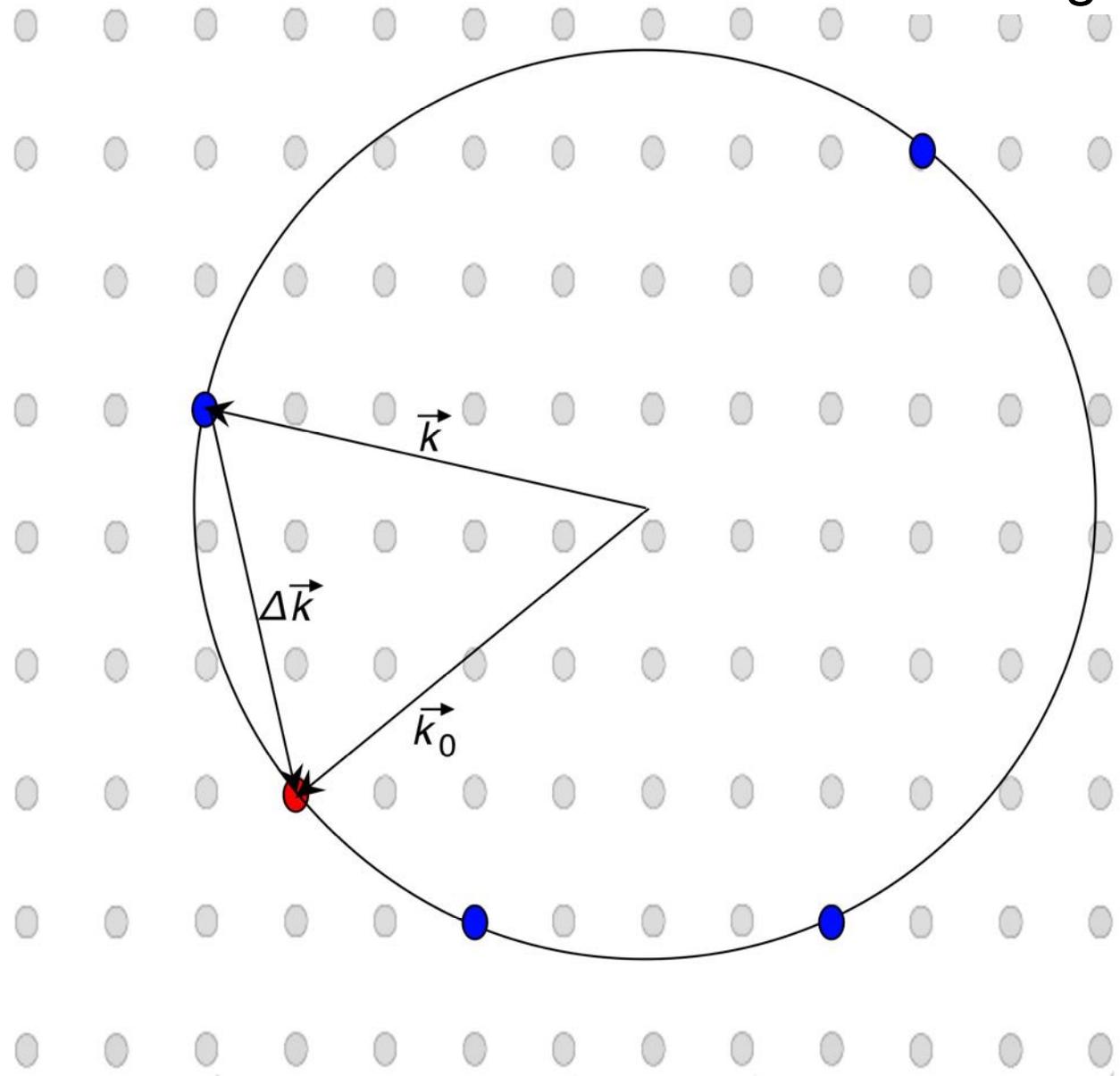


Laue-Verfahren



Röntgenbeugung am Einkristall nach *v. Laue*. Schema der Versuchsanordnung. Röntgenlicht mit kontinuierlicher Verteilung der Wellenlängen (polychromatisches oder weisses Röntgenlicht) wird am Einkristall gebeugt. Die Bedingungen für Raumgitter-Interferenz ergeben konstruktive Interferenz für einzelne Raumrichtungen und Wellenlängen. Man beobachtet deshalb Interferenzmaxima, die zu jeweils diskreten Wellenlängen gehören (monochromatisches Röntgenlicht)

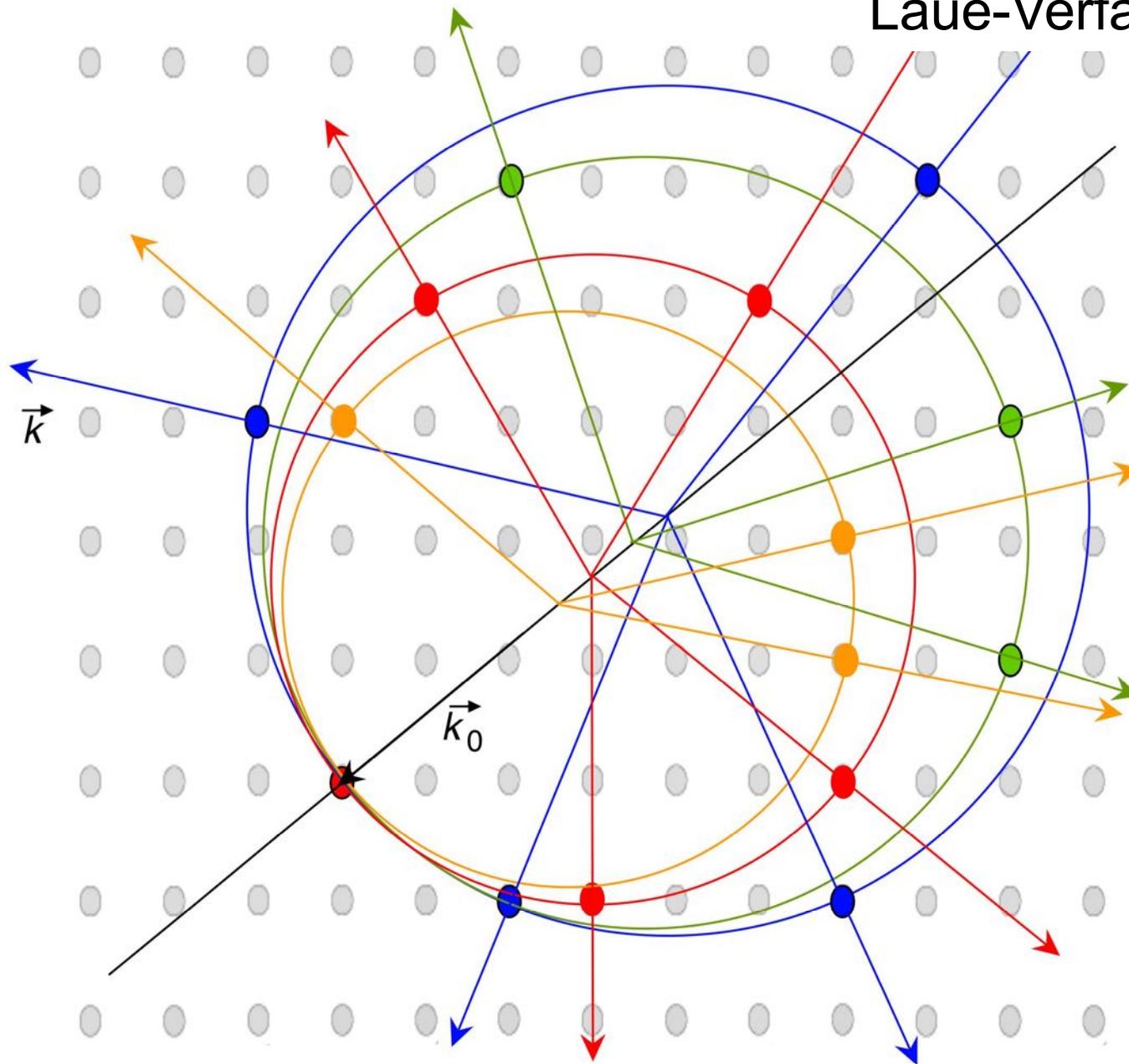
Ewald'sche Kugelkonstruktion



monochromatische Strahlung

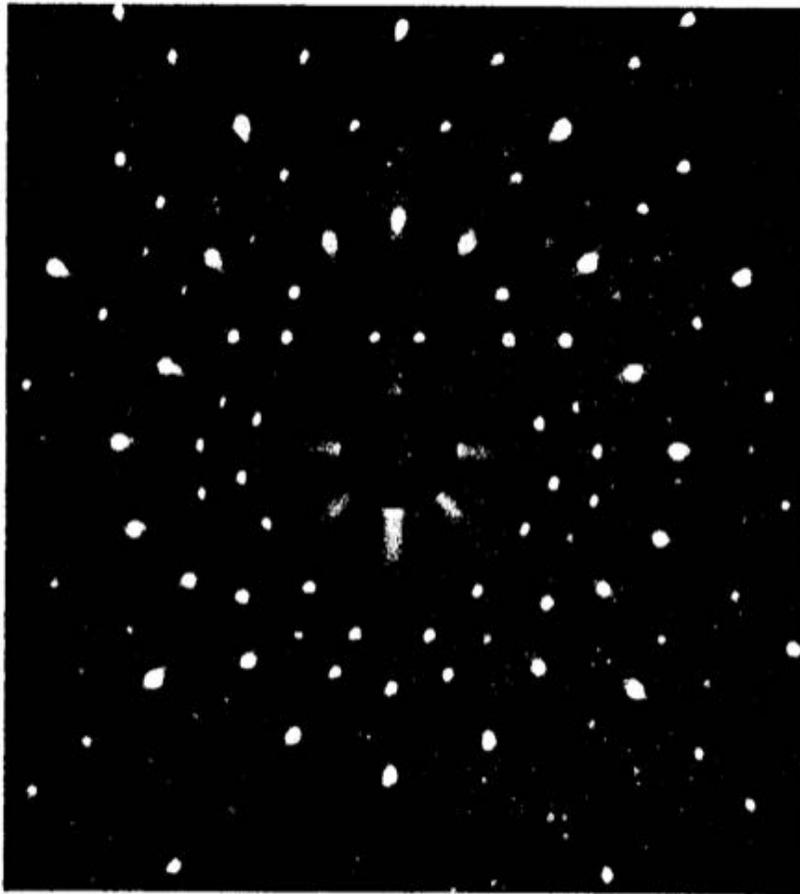
reziprokes Gitter

Laue-Verfahren

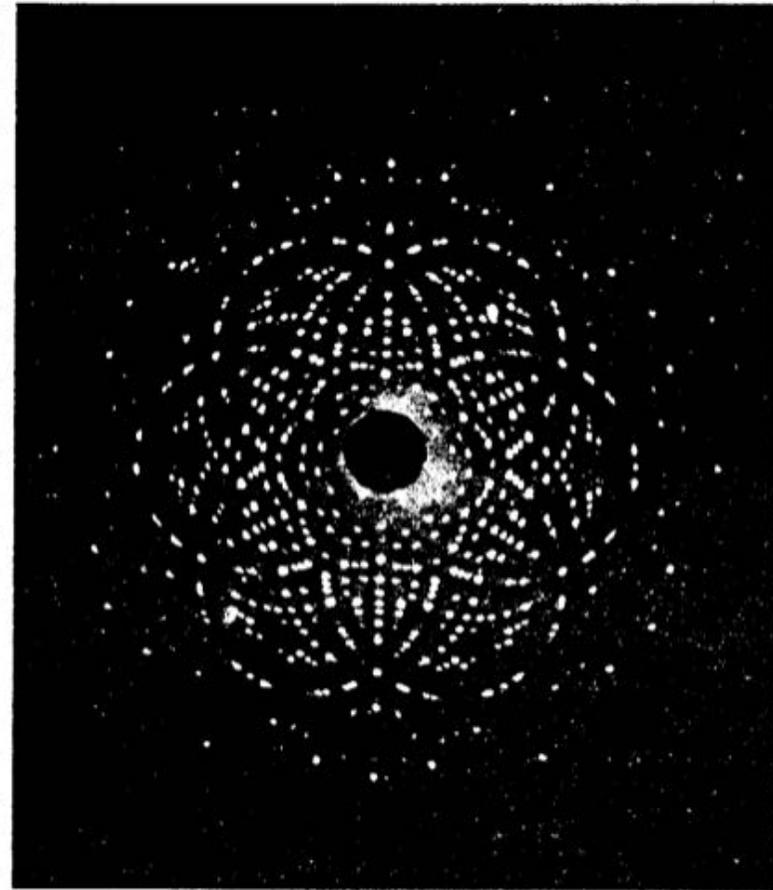


„weisses“ Röntgenlicht

reziprokes Gitter



LAUE-Aufnahme eines kubischen Kristalls



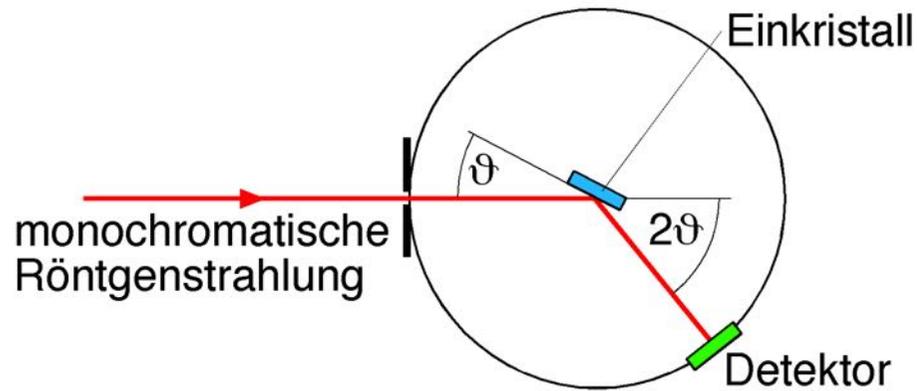
LAUE-Aufnahme eines hexagonalen Kristalls

Laue-Aufnahme von NaCl

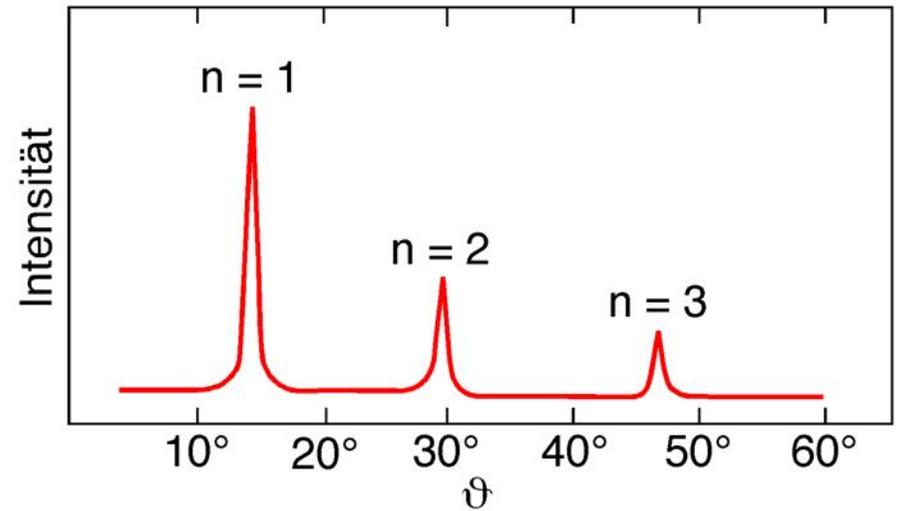


Laue-Aufnahme eines
NaCl-Einkristalls mit
dem kontinuierlichen
Spektrum thermischer
Neutronen

Braggsches Drehkristall-Verfahren

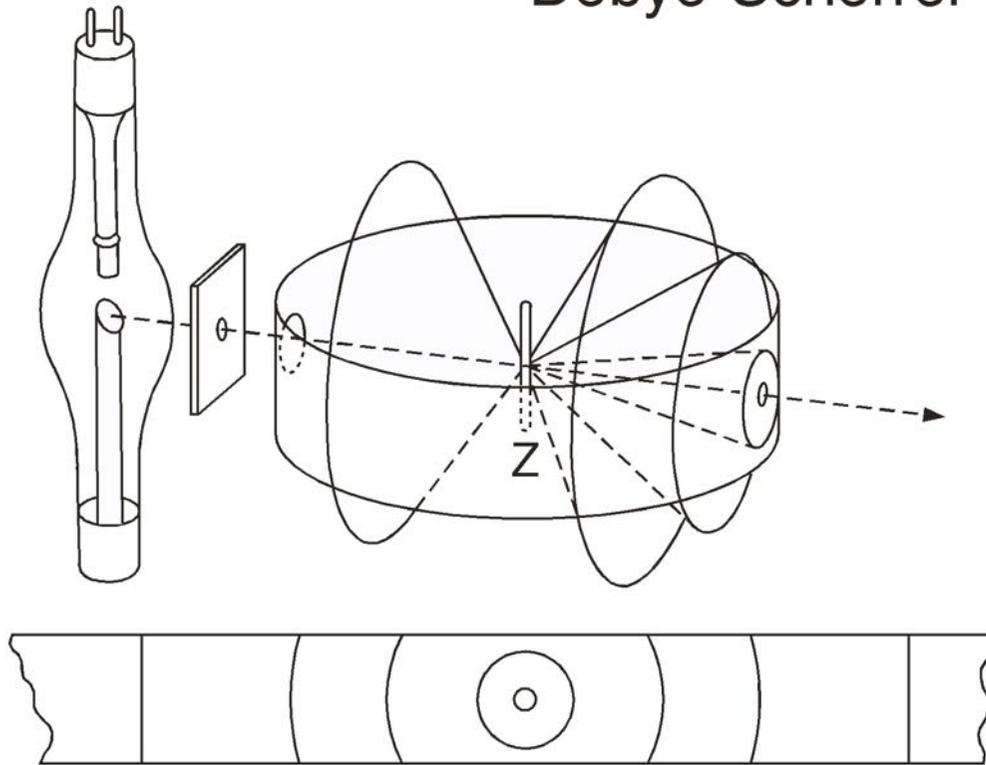


Schema einer Vorrichtung zur Aufnahme eines Röntgenspektrums nach dem Drehkristallverfahren



Röntgenspektrum nach dem Drehkristallverfahren

Debye-Scherrer-Verfahren



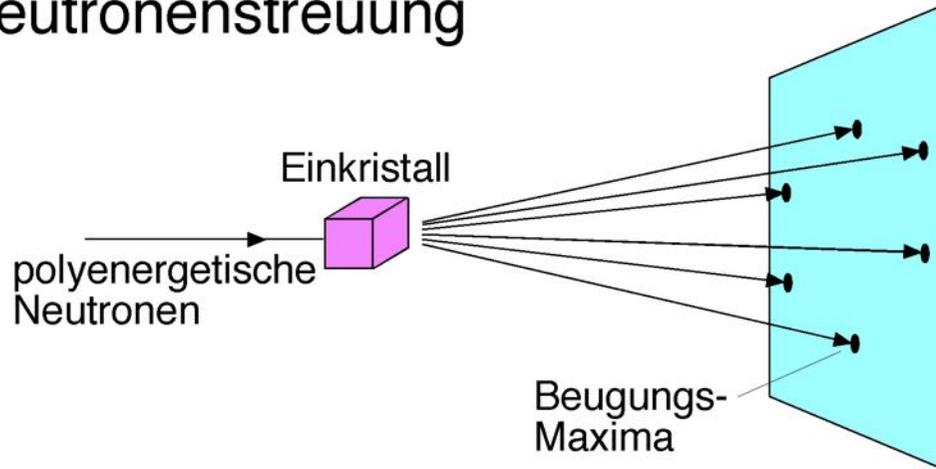
Debye-Scherrer-Verfahren:
 Röntgenbeugung von monochromatischem Röntgenlicht an einem Polykristall Z. Auf dem Film erscheinen die Schnittlinien der Beugungskegel an den verschiedenen Netzebenenscharen. Zur Erzeugung von monochromatischem Röntgenlicht verwendet man entweder die charakteristische Röntgenstrahlung nach Abb. 18.3, oder man muß einen Einkristall als Monochromator nach (2.31) verwenden



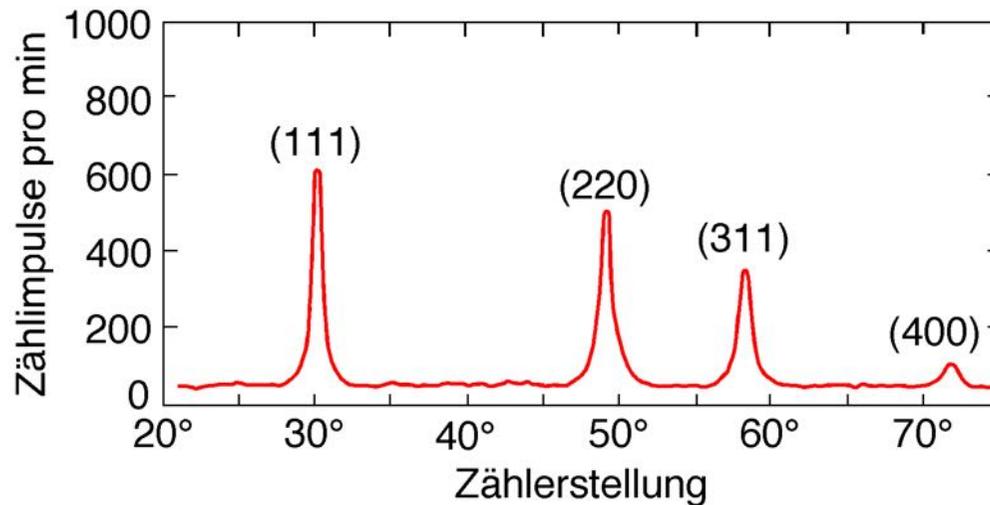
333
 115
 224
 024
 313
 004
 222
 113
 022
 Mg
 002
 Mg
 111
 111
 Mg
 002
 Mg
 022
 113
 222
 004
 313
 024
 224
 115
 333

Debye-Scherrer-Diagramm von MgO aus Gerthsen, Kneser, Vogel: *Physik*, 13. Aufl. (Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1978) Abb. 12.37

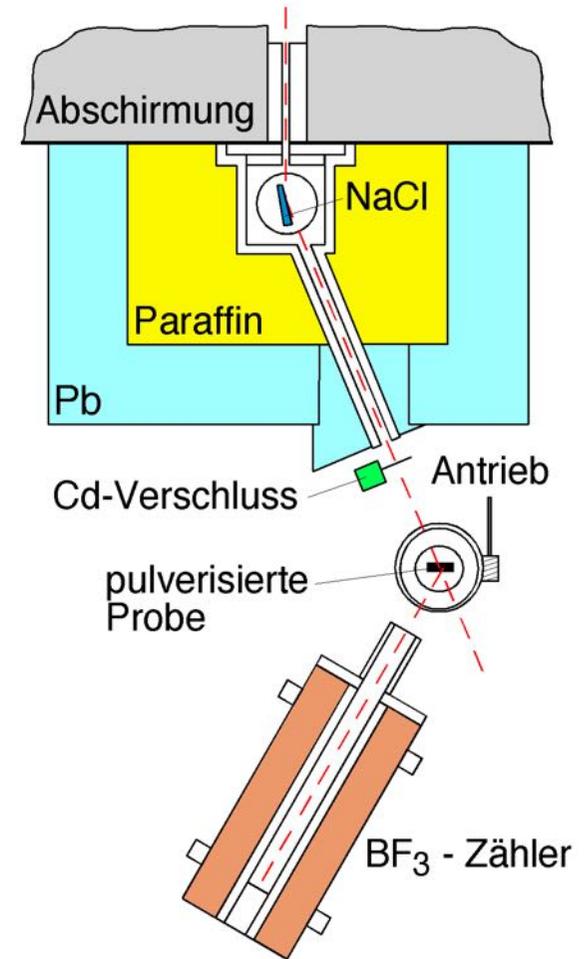
Neutronenstreuung



Neutronenbeugung am Einkristall, Laue-Anordnung. Mit polyenergetischen Neutronen erhält man durch Streuung am Einkristall Laue-Diagramme



Neutronenbeugung an Diamantpulver (nach G. Bacon). Man erkennt Beugungsmaxima an vier Netzebenen-scharen, die mit den kristallographischen Indizes (111), (220), (311) und (400) bezeichnet sind



Neutronenspektrometer (nach E. V. Wollan, C. G. Shull: Phys. Rev. 73, 830, 1948). Die Neutronen werden durch Reflexion an einem NaCl-Kristall monochromatisiert und erzeugen durch Beugung an einer polykristallinen Probe Interferenzringe nach *Debye-Scherrer*. Die Abmessung erfolgt mit einem BF₃-Zähler